ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 FÉVRIER 1909.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE PICARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du Décret approuvant l'élection que l'Académie a faite de M. **Jungfleisch** pour occuper, dans la Section de Chimie, la place vacante par le décès de M. *A. Ditte*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Jungfleisch** prend place parmi ses Confrères.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Les ondes hertziennes et l'équation de Fredholm.* Note de M. **H. Poincaré**.

Il peut y avoir intérêt à ramener les problèmes relatifs aux ondes hertziennes à l'intégration d'une équation de Fredholm. Voici comment on peut opérer. Adoptons les notations de Maxwell, mais en prenant la vitesse de la lumière pour unité.

J'écris les équations connues, en me bornant à la première équation de chaque groupe,

$$(1)\quad \left\{\begin{array}{l} \alpha = \dfrac{dH}{dy} - \dfrac{dG}{dz}, \qquad 4\pi f = -\dfrac{dF}{dt} - \dfrac{d\psi}{dx}, \\ 4\pi\left(u + \dfrac{df}{dt}\right) = \dfrac{d\gamma}{dy} - \dfrac{d\beta}{dz}, \qquad \dfrac{df}{dx} + \dfrac{dg}{dy} + \dfrac{dh}{dz} = \rho, \\ \sum \dfrac{dF}{dx} + \dfrac{d\psi}{dt} = 0, \qquad 4\pi u = \dfrac{d^2F}{dt^2} - \Delta F, \qquad 4\pi\rho = \dfrac{d^2\psi}{dt^2} - \Delta\psi. \end{array}\right.$$

Les deux dernières équations nous apprennent que le potentiel électrostatique ψ de même que les composantes F, G, H du potentiel vecteur ne sont autre chose que les potentiels retardés dus respectivement à la densité électrique ρ dans les conducteurs et aux composantes u, v, w du courant de conduction.

Nous supposerons que toutes nos fonctions sont une somme de termes contenant en facteurs des exponentielles $e^{\omega t}$; ces exponentielles sont généralement imaginaires, mais elles seront imaginaires conjuguées deux à deux. On pourra considérer séparément tous les termes qui dépendent d'une même exponentielle $e^{\omega t}$; on aura ainsi diverses solutions simples dont les combinaisons linéaires nous donneraient la solution générale; en combinant l'un de ces éléments simples avec son imaginaire conjugué, on aurait une oscillation pendulaire amortie, l'amortissement dépendant de la partie réelle et la période de la partie imaginaire de ω.

On aura alors, par exemple, $\frac{dF}{dt} = \omega F$, et l'on pourra écrire

$$(2) \quad \psi = \int \frac{\rho' e^{-\omega r}}{r} d\tau', \quad F = \int \frac{u' e^{-\omega r}}{r} d\tau', \quad G = \int \frac{v' e^{-\omega r}}{r} d\tau', \quad H = \int \frac{w' e^{-\omega r}}{r} d\tau'.$$

L'intégration est étendue à tous les éléments $d\tau'$ du volume du conducteur; les lettres ρ', u', v', w' représentent la valeur des fonctions ρ, u, v, w au centre de gravité de l'élément $d\tau'$, et r la distance de ce centre de gravité au point x, y, z. Mais l'électricité et les courants de conduction sont localisés à la surface des conducteurs. Nous devons donc remplacer les intégrales de volume par des intégrales de surface et écrire

$$(2\ bis) \quad \psi = \int \frac{\rho'' e^{-\omega r}}{r} d\sigma', \quad F = \int \frac{u'' e^{-\omega r}}{r} d\sigma', \quad G = \int \frac{v'' e^{-\omega r}}{r} d\sigma', \quad H = \int \frac{w'' e^{-\omega r}}{r} d\sigma',$$

$d\sigma'$ représentant un élément de la surface d'un conducteur; tandis que ρ'', u'', v'', w'' sont les densités superficielles correspondant aux densités de volume ρ', u', v', w'.

Imaginons un conducteur unique soumis à l'action d'un champ extérieur considéré comme donné. Soient M un point quelconque de la surface du conducteur, M_i un point infiniment voisin de M, à l'intérieur du conducteur; en ce point la force électrique doit être nulle. Écrivons cela en particulier pour la composante normale; on obtiendra ainsi l'équation

$$(3) \qquad \frac{d\psi}{dn} + (lF + mG + nH)\omega = N,$$

où l, m, n sont les cosinus directeurs de la normale au point M dirigée vers l'extérieur; où $\frac{d\psi}{dn}$ est la dérivée de ψ estimée suivant cette normale, considérée du côté interne; où enfin N représente la composante normale de la force électrique due au champ extérieur. Désignons par μ la densité superficielle de l'électricité au point M, et par $\mu' = \rho''$ cette même densité au centre de gravité P de $d\sigma'$. Nous trouverons, pour $\frac{d\psi}{dn}$,

$$\frac{d\psi}{dn} = 2\pi\mu + \int \mu' \, d\sigma' \frac{d}{dn} \frac{e^{-\omega r}}{r}.$$

D'ailleurs, on a

$$\frac{d}{dn} \frac{e^{-\omega r}}{r} = - \cos\psi \frac{e^{-\omega r}}{r} \left(\omega + \frac{1}{r}\right),$$

r désignant la distance MP et ψ l'angle de MP avec la normale en M.

D'autre part

$$l\text{F} + m\text{G} + n\text{H} = \sum l\text{F} = \int \frac{e^{-\omega r}}{r} \sum lu'' \, d\sigma',$$

de sorte que l'équation (3) devient

$$(4) \qquad 2\pi\mu + \int \mu' \, d\sigma' \frac{d}{dn} \frac{e^{-\omega r}}{r} + \omega \int \frac{e^{-\omega r}}{r} \sum lu'' \, d\sigma' = \text{N}.$$

Il reste à transformer la deuxième intégrale. Pour cela, nous nous servirons de l'équation de continuité

$$\frac{d\rho}{dt} = \omega\rho = - \sum \frac{du}{dx}.$$

Nous observerons que les composantes tangentielles de la force électrique et la composante normale de la force magnétique doivent rester continues lorsqu'on franchit la surface du conducteur. De plus, à l'intérieur du conducteur, le champ électrique comme le champ magnétique doivent être nuls; cela est vrai du moins si le conducteur est simplement connexe, ce que nous supposerons. A la surface du conducteur, les lignes de force magnétiques sont donc tangentes à cette surface; d'où cette conséquence que, si x', y', z' sont les coordonnées du point P, assujetti à rester sur cette surface,

$$u'' \, dx' + v'' \, dy' + w'' \, dz' = d\text{V}$$

est une différentielle exacte.

Dans l'expression de $\sum l\text{F}$, la quantité sous le signe $\int$ peut être regardée

comme le produit de deux vecteurs par le cosinus de l'angle compris; le premier de ces vecteurs a pour composantes u'', v'', w''; le second est égal à $\frac{e^{-\omega r}}{r}$ et est parallèle à la normale en M. Soient W_1 et W_2 ces deux vecteurs.

Considérons sur la surface une courbe fermée quelconque C et l'aire A limitée par cette courbe; soient ds' un élément d'arc de C, et $d\nu$ une longueur infiniment petite prise sur une courbe orthogonale à C et tracée sur la surface, de telle sorte que $\frac{dV}{d\nu}$ représente la dérivée de V estimée suivant la normale à la courbe C. Les composantes des vecteurs W_1 et W_2 sur cette normale seront

$$\frac{dV}{d\nu}, \quad \frac{e^{-\omega r}}{r} \frac{d\Sigma l x'}{d\nu}.$$

Nous poserons

$$\int_C \frac{e^{-\omega r}}{r} \frac{d\Sigma l x'}{d\nu} ds' = \int_A B\, d\sigma'. \tag{5}$$

L'aire A et la courbe C qui la limitent étant quelconques, cette équation définira la fonction B qui ne sera autre chose que la *convergence* du vecteur W_2 ou plutôt de la composante de ce vecteur qui est tangente à la surface du conducteur. L'équation de continuité nous donnera d'ailleurs

$$\int_C \frac{dV}{d\nu} ds' = -\omega \int_A \mu' \, d\sigma'. \tag{6}$$

Nous définirons maintenant la fonction L par l'équation

$$\int_C \frac{dL}{d\nu} ds' = \int_A B\, d\sigma'. \tag{7}$$

En vertu de l'équation (6), l'intégrale $\int B\, d\sigma'$ étendue à la surface tout entière est nulle; l'équation (7) définira donc une fonction L qu'il sera aisé de former si la surface du conducteur est simplement connexe et si l'on sait en faire la représentation conforme sur une sphère. La fonction L dépend à la fois des coordonnées du point M et de celles du point P; elle sera déterminée par l'équation (7) à une fonction arbitraire près des coordonnées de M. On aura, en vertu de (5), en étendant les intégrales à toute la surface,

$$\int \frac{e^{-\omega r}}{r} \sum l u'' \, d\sigma' = -\int BV\, d\sigma'$$

et ensuite, en vertu de (6) et (7),

$$\int BV\,d\sigma' = -\,\omega \int L\mu'\,d\sigma',$$

de sorte que l'équation (4) deviendra

$$(8) \qquad 2\pi\mu = \int \mu'\,d\sigma' \left[\cos\psi\,\frac{e^{-\omega r}}{r}\left(\omega + \frac{1}{r}\right) - \omega^2 L\right] + N;$$

N devant être regardée comme une fonction connue, cette équation a la forme d'une équation de Fredholm.

Le calcul de L se simplifie considérablement dans le cas de la sphère, d'un cylindre ou d'une surface de révolution, c'est-à-dire dans tous les cas pratiques. On peut étendre la solution à une surface multiplement connexe, mais il est nécessaire alors d'introduire une donnée de plus, à savoir le nombre des lignes de force magnétique du champ extérieur qui traversent le *trou* de la surface multiplement connexe.

L'équation (8), traitée par la méthode de Fredholm, permet de traiter le problème de la réception des ondes hertziennes en regardant ω et N comme donnés, et celui de leur émission en regardant N comme nul et ω comme inconnu. On sait que Fredholm introduit un paramètre arbitraire λ, qu'il place en facteur devant l'intégrale du second membre, et qu'il présente sa solution comme le quotient de deux fonctions entières en λ. Ici le numérateur et le dénominateur seront des fonctions entières non seulement par rapport à λ, mais par rapport à ω.

L'équation (8) nous donne théoriquement la solution du problème de la diffraction, mais alors la grandeur du paramètre ω introduit des difficultés pratiques qui méritent un examen spécial et sur lesquelles je me réserve de revenir.

BIOLOGIE. — *Le sexe chez les Oursins issus de parthénogenèse expérimentale.*
Note de M. Yves Delage.

Les deux Oursins parthénogénétiques en élevage à la Station biologique de Roscoff, dont j'ai entretenu l'Académie dans mes Notes des 26 août et 9 décembre 1907 et 17 février 1908, viennent de mourir. Je crois devoir résumer ici leur histoire.

Ils proviennent l'un et l'autre d'expériences à l'acide chlorhydrique et à

l'ammoniaque [1]. Les œufs qui leur ont donné naissance avaient été mis en expérience le 16 juin 1907. Les Pluteus issus de ces œufs s'étaient transformés, l'un le 15 août, donc après 60 jours, l'autre le 18 août, donc après 63 jours. Ils ont régulièrement grandi jusqu'au moment de leur mort, c'est-à-dire pendant environ 16 mois après la métamorphose.

Ils ont été élevés dans une large cuvette de verre où l'eau, prise à 3 milles environ au large du Laboratoire, était renouvelée tous les jours. Ils étaient nourris d'ulves et d'algues calcaires encroûtant la surface de petits cailloux, fréquemment renouvelés.

Au commencement du mois de novembre dernier, pour simplifier les soins réclamés par leur élevage, je les ai transportés dans un des bacs du Laboratoire, alimenté, comme les autres, par l'eau des cuves de l'établissement. Pour les acclimater à cette nouvelle condition, j'ai substitué l'eau des cuves à l'eau du large progressivement, avec une grande lenteur.

Ils ont d'abord admirablement supporté ce nouveau régime et continué à brouter les ulves et les algues calcaires. Mais un jour, brusquement, le gardien du Laboratoire, qui les soigne en mon absence, les a trouvés détachés des parois, renversés et presque mourants. Il les a immédiatement replacés dans les conditions du régime primitif; là, ils ont repris pendant quelques jours un peu de vie, mais ont fini par succomber : l'un, le plus gros, le 5 janvier 1909; l'autre, le plus petit, le 11 février.

Je ne sais à quoi attribuer cette mort, évidemment accidentelle. Elle paraît résulter d'un empoisonnement; mais à quoi est-il dû? Je ne puis incriminer l'eau des cuves, où d'autres Oursins ont vécu pendant des années et dont ceux-ci s'étaient parfaitement accommodés pendant plus de 2 mois. Faut-il chercher la cause de l'accident dans un lit épais de Mélobésies dont j'avais garni le fond de leur bac? Je ne sais. Mais ce qui est certain, c'est que cette mort n'est pas celle d'avortons maladifs ayant épuisé leur vitalité malgré les bonnes conditions qui leur étaient fournies. Leur développement a été normal, je dirai même rapide, pendant les 18 mois qu'ils ont vécu, et ils sont morts, pleins de vie, par une cause accidentelle indéterminée.

---

(1) Je n'avais pas encore, à cette époque, découvert le procédé au tanin ni la parthénogenèse en solution isotonique. La solution hypertonique en question contenait : NaCl à $2,5n$, 37,5; eau de mer, 2,5; H^2O, 60. Le traitement avait été le suivant : solution hypertonique 50^{cm^3} + HCl à $0,1n$, 15 gouttes, 30 minutes; lavage; puis solution hypertonique 50^{cm^3} + AzH^3 à $0,1n$, 3 gouttes, 45 minutes.

Ils sont les frères de l'individu tératologique à six antimères que j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie dans la séance du 23 septembre 1907.

Voici leurs caractéristiques : diamètre sans les piquants, l'un 15^{mm}, l'autre 22^{mm}; longueur des plus grands piquants, 8^{mm} chez l'un et l'autre; donc diamètre total, 31^{mm} pour le premier, 38^{mm} pour le second. Ils appartiennent l'un et l'autre à l'espèce *Paracentrotus* (*Strongylocentrotus*) *lividus*, variété verdâtre, à piquants rose violacé au bout.

Le premier, dont la mort nous a pris à l'improviste, a été imparfaitement fixé par le gardien du Laboratoire, et je n'ai pu avoir sur son sexe que des indications insuffisantes; les glandes génitales, très peu avancées, sembleraient plutôt appartenir au sexe mâle. Pour le second, le gardien du Laboratoire, muni d'instructions précises, a pu faire une fixation à peu près convenable, très peu de temps après la mort. Les glandes génitales mises en coupes par mon collaborateur, M. de Beauchamp, se sont montrées notablement plus développées et ont permis de reconnaître de nombreux spermatozoïdes complètement évolués.

Deux conclusions sont à tirer des faits qui précèdent : 1° chez les Oursins, es produits de la parthénogenèse expérimentale peuvent être élevés jusqu'à l'état adulte, caractérisé par la présence des produits sexuels; 2° la parthénogenèse expérimentale, chez ces mêmes animaux, peut donner des mâles. Rien n'indique encore qu'elle puisse donner des femelles. Cette constatation est intéressante, car dans les produits de la parthénogenèse naturelle, chez les animaux où elle existe, les mâles sont beaucoup moins fréquents que les femelles.

PHYSIQUE. — *Sur les décharges électriques dans les champs magnétiques intenses.* Note de M. Gouy.

Depuis la découverte de Plücker (¹) et celles qui ont suivi (Broca, Villard), les effets du champ magnétique sur les courants dans les gaz raréfiés présentent un caractère énigmatique. J'ai abordé à mon tour cette étude et je vais rendre compte de quelques observations faites avec une

(¹) Il s'agit de l'illumination des lignes de force magnétiques passant par la cathode, lorsqu'il y a courant électrique dans un gaz raréfié (1858). C'est ce que j'appellerai, après M. Villard, *rayons magnéto-cathodiques*.

machine électrostatique donnant 0,0006 ampère ([1]). Les champs ont varié de 2000 à 4000 gauss, et les tubes contenaient de l'air.

1. Le champ magnétique n'était pas absolument uniforme, mais, sur l'axe, variait seulement de $\frac{1}{6}$. Au centre du champ, la variation était insensible. Or les phénomènes se sont montrés indépendants de ces petites variations, et il ne paraît pas douteux que les rayons magnéto-cathodiques se produiraient même dans un champ parfaitement uniforme. Ce point mérite d'être signalé, car telle des explications proposées pour ces phénomènes ne peut convenir à un champ uniforme.

2. Ce qui va suivre s'applique au cas où le régime régulier est établi. J'entends par là que les seuls rayons magnéto-cathodiques visibles partent des cathodes métalliques. Il arrive souvent qu'il y a, en outre, d'autres rayons de ce genre, issus des parois électrisées du tube, qui jouent le rôle de cathodes auxiliaires. En particulier, quand le vide est poussé très loin, j'ai souvent observé la production active et irrégulière de tels rayons, qui sont très agités, accompagnés parfois d'un bruissement sensible, et forment une sorte de bourrasque magnéto-électrique qui remplit une grande partie du tube. Les observations relatées ci-après exigent au contraire que les rayons soient bien localisés.

3. Si le tube possède deux cathodes reliées métalliquement, chacune d'elles produit en général son faisceau magnéto-cathodique sans être influencée par l'autre ([2]). Mais si, en tournant le tube ou par tout autre moyen, on amène ces deux faisceaux à coïncider, on voit s'illuminer vivement la partie qui est entre les deux cathodes, et s'affaiblir les parties qui vont des cathodes aux parois du tube, ainsi que les taches phosphorescentes sur ces parois. La partie intercathodique est beaucoup plus brillante que ne l'étaient les deux faisceaux vus ensemble, quand ils étaient séparés. Ainsi les rayons issus des deux cathodes se renforcent mutuellement dans l'espace intercathodique, où ils ont des directions opposées par rapport au champ magnétique. On dirait que les deux cathodes rayonnent ainsi de préférence l'une vers l'autre leur énergie magnéto-cathodique et n'en ont plus guère à leur disposition pour rayonner jusqu'aux parois du tube.

([1]) La bobine d'induction permet de constater les phénomènes décrits au n° 3; mais, pour les numéros suivants, cela est difficile.

([2]) Sauf pourtant une exception importante. Le rayon émis par une cathode, en passant près de l'autre, s'obscurcit comme le rayon même émis par cette dernière, en présentant les mêmes nuances. Il y a donc, autour de chaque cathode, un espace doué de la propriété d'éteindre ainsi momentanément les rayons qui le traversent.

En même temps l'espace obscur près de la cathode (qui était déjà bien plus restreint et plus nettement limité qu'en l'absence du champ) se réduit beaucoup du côté intercathodique, la vive lumière venant presque toucher la cathode.

Toutefois, aux vides extrêmes, cette réduction peut se produire ou non; les deux états sont possibles pour un même tube et un même degré de vide.

Tous ces phénomènes ne sont pas sensibles tant que les rayons magnéto-cathodiques n'ont qu'un parcours restreint. La pression diminuant, ces effets se produisent et restent très marqués pendant longtemps, quoiqu'ils diminuent un peu aux vides extrêmes. Je les ai étudiés avec des cathodes formées de fils parallèles, dont la distance a varié de 30^{mm} à 5^{mm}; à cette dernière distance les effets sont très affaiblis. J'ai aussi employé une cathode unique en forme de U, dont les deux branches jouent le rôle des deux cathodes.

4. L'anode, quand elle est bien dégagée de tous rayons magnéto-cathodiques et placée dans un espace suffisant, se montre entourée d'une belle couronne lumineuse, dont le milieu est obscur et dont les dimensions croissent avec le degré de vide; cette couronne est circulaire quand l'anode est petite en tous sens, et son plan est normal au champ. Si l'anode est un peu allongée, la couronne est ovale, et son plan est normal au champ quand l'anode elle-même est perpendiculaire aux lignes de force. Si l'anode est parallèle au champ, la couronne se change en une sorte de fourreau enveloppant l'anode sur toute sa longueur.

Cette couronne magnéto-anodique présente une structure des plus singulières. L'anode est un fil perpendiculaire aux lignes de force, protégé par un tube de verre jusqu'à 10^{mm} ou 15^{mm} de son extrémité. Ce tube de verre interrompt naturellement la couronne, mais celle-ci, en cette région et d'un seul côté, apparaît constituée par une hélice lumineuse, où l'on peut distinguer cinq ou six spires un peu aplaties. Le pas de la spire varie en raison inverse du champ, et les pas les plus serrés pouvaient valoir 1^{mm} ou $1^{mm},5$. Cette hélice change de côté quand on inverse le champ; elle débute par un filet brillant qui contourne le tube de verre et réunit ainsi les deux parties de la couronne.

Cette structure a été observée avec tous les tubes employés; elle ferait penser aux enroulements des rayons cathodiques, si l'axe curviligne de l'hélice n'était ici dans un plan normal au champ magnétique.

5. Quand un rayon magnéto-cathodique intense est amené à traverser la couronne magnéto-anodique, en passant tout contre l'anode dans l'espace

obscur, la couronne disparaît complètement, et il ne reste qu'une petite tache lumineuse sur le rayon. Si le rayon rencontre l'anode sans la déborder, la couronne persiste, un peu diminuée. La couronne est ainsi très sensible aux rayons parasites dont il a été question au n° 2, qui, s'ils sont forts, la font disparaître, et, s'ils sont faibles, en diminuent du moins l'éclat et les dimensions.

6. On sait qu'en l'absence de champ magnétique, il n'y a, près de l'anode, qu'une chute de potentiel minime. Au contraire, quand la couronne magnéto-anodique existe, il se produit au voisinage de l'anode une chute considérable, qui croît avec le degré de vide, et atteignait, par exemple, 3000 volts avec un tube qui avait 4^{mm} d'étincelle équivalente en l'absence du champ [1]. Cette chute anodique devient aussitôt insignifiante quand la couronne disparaît par l'action d'un rayon magnéto-cathodique, comme nous venons de le dire.

Au contraire, la chute de potentiel au voisinage de la cathode est fortement diminuée par le champ magnétique, en sorte que d'ordinaire le champ diminue le voltage exigé par le tube, la chute anodique étant plus que compensée par la diminution de la chute cathodique.

NOMINATIONS.

L'Académie désigne M. Laveran pour la représenter au *XVIe Congrès international de Médecine,* qui se tiendra à Budapest du 29 août au 4 septembre 1909.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de Commissions de prix, chargées de juger les Concours de l'année 1909.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

Zoologie : *Prix Savigny, Da Gama Machado, Cuvier.* — MM. Ranvier, Perrier, Chatin, Delage, Bouvier, Henneguy, Grandidier, Lannelongue, le prince Roland Bonaparte.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Müntz, Douvillé.

---

[1] Cette ampoule était un ballon de 86^{mm} de diamètre. L'anode, la cathode et la sonde étaient des fils parallèles, de 1^{mm} de diamètre, libres sur une longueur de 10^{mm}, verticaux et placés à la même hauteur dans la région centrale du ballon. La distance de l'anode à la cathode était de 24^{mm}; celle de l'anode à la sonde, de 10^{mm}. Les trois fils formaient à peu près un triangle rectangle dont la distance cathode-anode formait l'hypoténuse.

Médecine et Chirurgie : *Prix Montyon, Barbier, Bréant, Godard, du Baron Larrey, Bellion, Mège.* — MM. Bouchard, Guyon, d'Arsonval, Lannelongue, Laveran, Dastre, Chauveau, Perrier, Roux, Labbé, Henneguy.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Guignard, Delage.

Physiologie : *Montyon* (Physiologie expérimentale), *Philipeaux, Lallemand, La Caze, Pourat.* — MM. Chauveau, Bouchard, d'Arsonval, Roux, Laveran, Dastre, Henneguy.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Perrier, Guignard.

Cette Commission est également chargée de présenter une *question de prix Pourat* pour l'année 1912.

Prix Montyon. Statistique. — MM. de Freycinet, Haton de la Goupillière, Carnot, Rouché, Alfred Picard, le prince Roland Bonaparte, Tannery.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Darboux, Poincaré.

Prix Binoux. Histoire des Sciences. — MM. Bouquet de la Grye, Darboux, Grandidier, Poincaré, Guyou, Émile Picard, Tannery.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Ph. van Tieghem, Bouvier.

Médaille Arago, Médaille Lavoisier, Médaille Berthelot. — MM. Bouchard, Émile Picard, Darboux, Ph. van Tieghem.

Prix Gegner, Lannelongue, Trémont. — MM. Bouchard, Émile Picard, Darboux, Ph. van Tieghem, Maurice Levy, Bornet.

Prix Wilde. — MM. Maurice Levy, Darboux, Troost, Poincaré, Émile Picard, Lippmann, Violle.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Ph. van Tieghem, Baillaud.

Prix Lonchampt. — MM. Bouchard, Guignard, Roux, Prillieux, Laveran, Dastre, Mangin.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Chauveau, Perrier.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la chaire de

Physique appliquée aux Sciences naturelles, vacante au Muséum d'Histoire naturelle par le décès de M. *Henri Becquerel.*

(Renvoi à la Section de Physique.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Trois Volumes d'un *Recueil d'Œuvres de* Léo Errera et une *Notice sur Léo Errera,* par Léon Fredericq et Jean Massart. (Hommage de Mme Léo Errera.)

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Principes de Géométrie projective intrinsèque.* Note de M. A. **Demoulin.**

L'emploi d'une figure de référence mobile, si utile en Géométrie euclidienne, en Géométrie non euclidienne(1) et en Géométrie anallagmatique(2), offre les mêmes avantages en Géométrie projective. Il convient, dans ce cas, de rapporter la figure étudiée à un système mobile Σ_m composé d'un tétraèdre $O_1 O_2 O_3 O_4$ ou T_m et d'un point O_5, ce système étant lui-même rapporté à une figure fixe Σ_f composée d'un tétraèdre T_f et d'un point F.

Supposons d'abord que Σ_m dépende d'un paramètre u.

Soit M un point quelconque, mobile ou fixe. Désignons par (X, Y, Z, T) ses coordonnées tétraédriques prises par rapport au tétraèdre T_f et définies, à un facteur commun près, par la condition que les coordonnées du point F soient $(1, 1, 1, 1)$, et par (x, y, z, t) ses coordonnées tétraédriques prises par rapport au tétraèdre T_m et définies, à un facteur commun près, par la condition que les coordonnées du point O_5 soient $(1, 1, 1, 1)$. (X, Y, Z, T) seront dites les coordonnées *absolues* du point M, et (x, y, z, t) ses coordonnées *relatives* (3).

Soient $(\alpha_i, \beta_i, \delta_i, \gamma_i)$ les coordonnées absolues du point O_i. En multipliant les coordonnées des points $O_1, \ldots, O_5$ par des facteurs convenables, on pourra faire en sorte que les cinq déterminants

$$|\alpha_1\alpha_2\alpha_3\alpha_4|, \quad |\alpha_5\alpha_2\alpha_3\alpha_4|, \quad |\alpha_1\alpha_5\alpha_3\alpha_4|, \quad |\alpha_1\alpha_2\alpha_5\alpha_4|, \quad |\alpha_1\alpha_2\alpha_3\alpha_5|$$

---

(1) Voir *Comptes rendus,* t. CXXXIX, p. 393; t. CXL, p. 1226.

(2) Voir, dans les *Comptes rendus,* notre Note du 1er février 1909.

(3) Soit π le plan polaire de O_5 par rapport au tétraèdre T_m. Si la droite MO_i $(i=1, 2, 3, 4)$ coupe le plan π au point B_i et la face de T_m opposée à O_i au point A_i, les coordonnées relatives du point M seront proportionnelles aux rapports anharmoniques $(MO_iA_iB_i)$.

soient égaux à l'unité. Alors les coordonnées absolues (X, Y, Z, T) et les coordonnées relatives (x, y, z, t) seront liées par les relations suivantes :

$$X = \alpha_1 x + \alpha_2 y + \alpha_3 z + \alpha_4 t,$$
$$Y = \beta_1 x + \beta_2 y + \beta_3 z + \beta_4 t,$$
$$Z = \gamma_1 x + \gamma_2 y + \gamma_3 z + \gamma_4 t,$$
$$T = \delta_1 x + \delta_2 y + \delta_3 z + \delta_4 t.$$

Cela posé, soit M′ la position qu'occupe M à l'instant $u + du$. Ses coordonnées relatives, prises par rapport à la position qu'occupe le système Σ_m à l'instant u, seront de la forme

$$x + V_x du + J_x \frac{du^2}{2} + \ldots, \quad \ldots, \quad t + V_t du + J_t \frac{du^2}{2} + \ldots,$$

et il s'agit d'exprimer, en fonction de x, de y, de z et de t et de leurs dérivées par rapport à u, les quantités (V_x, V_y, V_z, V_t), (J_x, J_y, J_z, J_t), ...

Par un calcul que nous omettons, on trouve

$$V_x = a_{11} x + a_{12} y + a_{13} z + a_{14} t + \frac{dx}{du},$$
$$V_y = a_{21} x + a_{22} y + a_{23} z + a_{24} t + \frac{dy}{du},$$
$$V_z = a_{31} x + a_{32} y + a_{33} z + a_{34} t + \frac{dz}{du},$$
$$V_t = a_{41} x + a_{42} y + a_{43} z + a_{44} t + \frac{dt}{du},$$

et des formules analogues pour (J_x, J_y, J_z, J_t), ...

Les seize quantités a_{ik}, que nous appellerons les *rotations* de la figure Σ_m, dépendent des coordonnées des points O_i et de leurs dérivées premières; elles sont liées par la relation

$$(1) \qquad a_{11} + a_{22} + a_{33} + a_{44} = 0.$$

$(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4)$, $(\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4)$, $(\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4)$, $(\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4)$ sont quatre solutions du système

$$\frac{d\theta_k}{du} = \sum_i a_{ik} \theta_i \qquad (k = 1, 2, 3, 4).$$

Réciproquement, étant données seize fonctions a_{ik}, liées par la relation (1), il existe un système mobile Σ_m, et un seul, dont les seize fonctions sont les rotations et qui, pour $u = u_0$, coïncide avec un système Σ_m^0, choisi arbitrai-

rement. Les ∞^{15} mouvements de Σ_m qui correspondent aux divers choix possibles de Σ_m^0 se déduisent de l'un d'eux au moyen des ∞^{15} transformations du groupe projectif.

L'étude des mouvements à 2, ..., 14 paramètres n'offre aucune difficulté. Les applications de la méthode que nous venons d'exposer sont fort nombreuses. Nous n'indiquerons ici que la suivante.

Soit (Q) une quadrique dépendant d'un paramètre et admettant pour caractéristique les côtés d'un quadrilatère $O_1O_2O_3O_4$. Si l'on prend comme figure de référence le tétraèdre $O_1O_2O_3O_4$, et un point quelconque O_5, l'équation de la quadrique sera de la forme

$$xz - hyt = 0,$$

et, en exprimant que sa caractéristique se compose des côtés du quadrilatère $O_1O_2O_3O_4$, on trouvera

$$(2)\quad a_{13} = a_{31} = a_{24} = a_{42} = 0, \quad a_{32} = ha_{41}, \quad a_{12} = ha_{43}, \quad a_{34} = ha_{21}, \quad a_{14} = ha_{23}.$$

Le plan osculateur à la trajectoire (O_1) du point O_1 a pour équation

$$a_{41}y + nz - a_{21}t = 0,$$

n satisfaisant à l'équation

$$(3)\qquad a_{22}a_{21}a_{41} - a_{44}a_{21}a_{41} + 2nha_{41}a_{21} = a_{21}\frac{da_{41}}{du} - a_{41}\frac{da_{21}}{du}.$$

Les coordonnées du pôle P de ce plan par rapport à la quadrique (Q) sont $(nh, a_{21}, 0, -a_{41})$.

On démontre aisément, et il est d'ailleurs connu, que les surfaces réglées engendrées par les droites O_1O_2 et O_1O_4 admettent respectivement les droites O_1O_4 et O_1O_2 comme tangentes asymptotiques. Il suit de là que la tangente à la courbe (O_1) a même conjuguée par rapport à ces deux surfaces. Cette conjuguée touche son enveloppe en un point A dont les coordonnées sont $(\theta, a_{21}, 0, -a_{41})$, θ étant défini par l'équation

$$(4)\qquad a_{22}a_{21}a_{41} - a_{44}a_{21}a_{41} + 2\theta a_{41}a_{21} = a_{21}\frac{da_{41}}{du} - a_{41}\frac{da_{21}}{du}.$$

La comparaison des relations (3) et (4) donne $\theta = nh$. Par suite les points P et A coïncident et l'on peut dès lors énoncer le théorème suivant, généralisation d'une proposition que M. Tzitzéica a fait connaître dans sa Note du 20 juillet 1908 :

Si une quadrique dépendant d'un paramètre a pour caractéristique les côtés d'un quadrilatère $O_1O_2O_3O_4$, la tangente à la trajectoire (O_i) du sommet O_i a même caractéristique par rapport aux surfaces réglées engendrées par les côtés du quadrilatère $O_1O_2O_3O_4$ qui passent par O_i. Cette conjuguée touche son enveloppe en un point dont le plan polaire par rapport à la quadrique est le plan osculateur de la courbe (O_i).

Les formules (2) permettent d'établir d'autres propriétés de la figure considérée ici et notamment la suivante, qu'on peut d'ailleurs démontrer par la Géométrie :

La tangente à la trajectoire du centre de la quadrique (Q) *passe par les milieux des segments* O_1O_3 *et* O_2O_4.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur quelques figures déterminées par les éléments infiniment voisins d'une courbe gauche.* Note de M. B. **Hostinsky**.

Soient

$$(1)\qquad \begin{cases} y = ax^2 + a'x^3 + \dots & (a \neq 0), \\ z = bx^3 + b'x^4 + \dots & (b \neq 0) \end{cases}$$

les équations d'une courbe gauche analytique (C), le trièdre $Oxyz$ étant formé par la tangente, par la normale et par la binormale au point O.

Nous supposons dans la suite que les coordonnées u, v, p du plan soient liées avec les coordonnées ponctuelles par l'équation

$$ux + vy + z + p = 0.$$

Les équations de la courbe (C) en coordonnées tangentielles s'écrivent

$$(2)\qquad \begin{cases} u = \alpha v^2 + \alpha' v^3 + \dots & (\alpha \neq 0), \\ p = \beta v^3 + \beta' v^4 + \dots & (\beta \neq 0), \end{cases}$$

où u, v, p désignent les coordonnées d'un plan osculateur voisin du plan $z = 0$.

Les coefficients des développements (1) et (2) s'expriment en fonction des valeurs R, T, $\frac{dR}{ds}$, $\frac{dT}{ds}$ que prennent, au point O, le rayon de courbure, le rayon de torsion et leurs dérivées par rapport à l'arc s.

Les coordonnées U, V, P du plan passant par trois points $M_k(x_k, y_k, z_k)$ de la courbe peuvent être développées en séries suivantes :

$$U = b\mu + \frac{ab' - a'b}{a}\lambda\mu - b'\nu + \dots,$$

$$V = -\frac{b}{a}\lambda - \frac{ab' - a'b}{a^2}\lambda^2 + \frac{b'}{a}\mu + \dots,$$

$$P = -b\nu - \frac{ab' - a'b}{a}\lambda\nu + \dots.$$

qui ne contiennent que trois fonctions symétriques fondamentales

$$\lambda = x_1 + x_2 + x_3, \qquad \mu = x_1 x_2 + x_2 x_3 + x_3 x_1, \qquad \nu = x_1 x_2 x_3.$$

Des séries analogues donnent les coordonnées du point commun à trois plans osculateurs.

Soient (T) le tétraèdre formé par quatre points $M_k(x_k, y_k, z_k)$ de la courbe voisine du point O, et (T′) le tétraèdre formé par quatre plans osculateurs $A_k(u_k, v_k, p_k)$ voisins du plan $z = 0$; nous supposons

$$x_1 < x_2 < x_3 < x_4 \quad \text{et} \quad v_1 < v_2 < v_3 < v_4.$$

Lorsque

$$\lim x_k = 0, \qquad \lim v_k = 0 \qquad (k = 1, 2, 3, 4),$$

on peut étudier, au moyen des formules précédentes, les quatre sphères-limites suivantes dont les deux premières passent par le point O, tandis que les deux dernières touchent le plan $z = 0$. Chaque sphère sera donc définie par les coordonnées ξ, η, ζ du centre.

Sphère circonscrite à (T) ou sphère osculatrice ordinaire :

$$\text{(I)} \qquad \xi = 0, \qquad \eta = R, \qquad \zeta = -T\frac{dR}{ds}.$$

Sphère circonscrite à (T′) :

$$\text{(II)} \qquad \xi = 0, \qquad \eta = \frac{R}{3}, \qquad \zeta = \frac{1}{q}\left(R\frac{dT}{ds} - T\frac{dR}{ds}\right).$$

Sphère inscrite dans (T) :

$$\text{(III)} \qquad \xi = -3R\frac{ds}{dR}, \qquad \eta = 0, \qquad \zeta = qT\frac{ds}{dR}.$$

Sphère inscrite dans (T′) :

$$\text{(IV)} \qquad \xi = \frac{T}{R}\frac{ds}{d\left(\frac{T}{R}\right)}, \qquad \eta = 0, \qquad \zeta = -\frac{T^2}{R^2}\frac{ds}{d\left(\frac{T}{R}\right)}.$$

Pour préciser, représentons par B_{ik} le plan bissecteur intérieur des deux faces du tétraèdre (T) qui passent par $M_i M_k$ et par B'_{ik} le plan bissecteur intérieur des faces A_i, A_k du tétraèdre (T′). Il y a huit sphères inscrites dans (T) ou dans (T′) dont une seule S (ou S′) a son centre sur l'intersection de B_{13} avec B_{24} (ou de B'_{13} avec B'_{24}). C'est toujours la sphère S (ou S′) qui admet la sphère (III) ou (IV) comme figure-limite; les autres sphères inscrites dans (T) ou (T′) n'admettent pas des figures-limites non dégénérées.

Nous indiquons encore quatre cercles-limites touchant la courbe au point O et ayant leurs centres du même côté de la normale principale et quatre cônes de révolution analogues touchant le plan suivant Ox et ayant leurs sommets au point O. Chaque cercle sera défini par son rayon ρ et chaque cône par la cotangente de l'angle que fait son axe avec Ox; nous représentons par (Δ) le triangle formé, dans le plan $z=0$, par les traces de trois plans osculateurs A_k, et par (Δ') le trièdre qu'on obtient en joignant le point O à trois points M_k de la courbe.

Cercle passant par M_1, M_2, M_3 ou cercle osculateur....	$\rho = R$
Cercle inscrit au triangle $M_1M_2M_3$..................	$\rho = 4R$
Cercle circonscrit au triangle (Δ)..................	$\rho = \frac{1}{3}R$
Cercle inscrit dans le triangle (Δ)..................	$\rho = \frac{4}{3}R$
Cône de révolution tangent à A_1, A_2, A_3.............	$\cot\varphi = -\frac{R}{T}$
Cône de révolution circonscrit au trièdre $A_1A_2A_3$.....	$\cot\varphi = -4\frac{R}{T}$
Cône de révolution inscrit dans le trièdre (Δ')........	$\cot\varphi = -\frac{1}{3}\frac{R}{T}$
Cône de révolution circonscrit au trièdre (Δ')........	$\cot\varphi = -\frac{4}{3}\frac{R}{T}$

On arrive à des résultats semblables si l'on étudie, en introduisant la généralisation connue des déterminations métriques par rapport à une quadrique fixe, les sphères-limites, etc., non euclidiennes.

Enfin, si nous divisons le volume V du tétraèdre formé par quatre points infiniment voisins par le volume V′ du tétraèdre formé par quatre plans osculateurs correspondants, nous trouvons

$$\lim \frac{V}{V'} = q.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Application du théorème généralisé de Jacobi au problème de Jacobi-Lie.* Note de M. **W. Stekloff**, présentée par M. É. Picard.

1. Soit $f_1, f_2, \ldots, f_m$ un système normal de m fonctions données de $2n$ variables x_i, p_i $(i = 1, 2, \ldots, n)$. Soient

$$(1) \qquad f_{m+1}, \quad f_{m+2}, \quad \ldots, \quad f_\rho \qquad (\rho = 2n - q)$$

les autres fonctions données représentant $\rho - m$ intégrales distinctes du

système normal d'équations linéaires

$$(2) \qquad (f_j, f) = 0 \qquad (j = 1, 2, \ldots, m).$$

Supposons qu'on ait à s'assurer, n'importe de quelle manière, que les fonctions

$$f_1, f_2, \ldots, f_m; \quad \Phi_{m+1}(f_1, \ldots, f_m, f_{m+1}, \ldots, f_\rho) \quad \Phi_{m+2}(\ldots), \quad \ldots, \quad \Phi_q(\ldots)$$

forment un système de q fonctions normales.

Les fonctions $f_1, f_2, \ldots, f_m$ et (1) représentent alors un système complet de $2n - q$ intégrales distinctes de q équations normales

$$(f_j, f) = 0, \quad (\Phi_{m+s}, f) = 0 \quad (j = 1, 2, \ldots, m;\ s = 1, 2, \ldots, q - m).$$

Il est aisé de comprendre qu'on peut toujours, moyennant le théorème de ma Note précédente, former une suite de q fonctions $F_e (e = 1, 2, \ldots, q)$ à l'aide d'une seule quadrature, bien que les fonctions Φ_{m+s} restent inconnues.

Les fonctions F_e étant trouvées, on s'assure immédiatement, en tenant compte du théorème du n° 1 de ma Note précédente, que *les fonctions*

$$f_j (j = 1, 2, \ldots, 2n - q), \quad F_{m+s} (s = 1, 2, \ldots, q - m)$$

représentent $2n - m$ intégrales distinctes des équations (2).

2. Cela posé, il suffit de rappeler quelques propositions connues, dont la démonstration est tout à fait élémentaire, pour en déduire la solution du problème de Jacobi-Lie.

Supposons qu'on connaisse un système complet de ρ_1 intégrales distinctes

$$(3) \qquad f_1, \quad f_2, \quad \ldots, \quad f_m, \quad f_{m+1}, \quad \ldots, \quad f_{\rho_1}$$

des équations (2); il peut arriver que cette série de fonctions contient, outre les fonctions $f_1, \ldots, f_m$, encore d'autres fonctions normales (distinguées), ce que nous pouvons toujours reconnaître par un calcul élémentaire qui détermine le nombre $q_1 - m$ de ces fonctions. Le nombre $q_1 + s_1$ sera alors un nombre pair (Goursat, *Leçons sur l'intégration*, etc., t. I).

Désignons ces fonctions normales par $\Phi_{m+1}, \ldots, \Phi_{q_1}$. Les fonctions (3) représentent, évidemment, ρ_1 intégrales distinctes du système normal d'équations

$$(4) \quad (f_1, f) = 0, \quad \ldots, \quad (f_m, f) = 0, \quad (\Phi_{m+1}, f) = 0, \quad \ldots, \quad (\Phi_{q_1}, f) = 0$$

qui peut être remplacé par un autre système équivalent

$$(5) \qquad (f_1, f) = 0, \quad \ldots, \quad (f_m, f) = 0, \quad A_{m+1}(f) = 0, \quad \ldots, \quad A_{q_1}(f) = 0,$$

$A_s(f)$ étant les fonctions linéaires *connues* des dérivées partielles du premier ordre de la fonction f, *bien que les fonctions* Φ_{m+s} *restent inconnues.* (Goursat, *loc. cit.*; Saltykow, *Comptes rendus*, 24 août 1903).

Moyennant le théorème de Poisson-Jacobi ou, dans le cas le plus défavorable, en effectuant une intégration (de l'ordre $2n - q_1 - \rho_1$), nous trouverons encore une intégrale f_{ρ_1+1} du système (5) ou, ce qui revient au même, du système (4).

Les fonctions (3) et f_{ρ_1+1} contiennent au moins $q_1 + 1$ fonctions normales et représentent $\rho_1 + 1$ intégrales distinctes du système normal d'équations

$$(f_1, f) = 0, \quad \ldots, \quad (f_m, f) = 0, \quad A_{m+1}(f) = 0, \quad \ldots, \quad A_{q_1+1}(f) = 0,$$

ou, ce qui revient au même, du système

$$(f_1, f) = 0, \quad \ldots, \quad (f_m, f) = 0, \quad (\Phi_{m+1}, f) = 0, \quad \ldots, \quad (\Phi_{q_1+1}, f) = 0.$$

Il suffit de répéter λ fois l'opération de l'espèce indiquée, où

$$\lambda = n - \frac{q_1 + \rho_1}{2},$$

pour trouver toutes les $\rho = \rho_1 + \lambda = 2n - q_1 - \lambda$ intégrales distinctes de q équations

$$(f_1, f) = 0, \quad \ldots, \quad (f_m, f) = 0, \quad A_{m+1}(f) = 0, \quad \ldots, \quad A_q(f) = 0$$

contenant q fonctions normales $f_1, \ldots, f_m, \Phi_{m+1}, \ldots, \Phi_q$.

3. Il est évident que les fonctions

$$(6) \qquad f_1, \quad f_2, \quad \ldots, \quad f_m, \quad f_{m+1}, \quad \ldots, \quad f_\rho \qquad (\rho = 2n - q),$$

ainsi déterminées, satisfont aux conditions du n° 1.

Donc, *il suffit d'effectuer une seule quadrature pour déterminer, sans d'autres intégrations, toutes les intégrales distinctes des équations* (2), *en ajoutant à* $2n - q$ *fonctions* (6) *encore* $q - m$ *fonctions*

$$F_e(e = m + 1, \ldots, q - m).$$

L'intégrale complète du système de m équations simultanées aux dérivées

partielles du premier ordre

$$f_1 = \alpha_1, \quad f_2 = \alpha_2, \quad \ldots, \quad f_m = \alpha_m,$$

α *étant des constantes données, se détermine par la méthode de Cauchy-Jacobi.*

On arrive ainsi à *la solution du problème Jacobi-Lie*, qui *se déduit*, comme nous l'avons montré, *à l'aide des considérations élémentaires, du théorème généralisé de Jacobi.*

ALGÈBRE. — *La recherche des racines de certaines équations numériques transcendantes*. Note [1] de M. R. DE MONTESSUS, présentée par M. Appell.

Le théorème de Sturm, sous la forme généralisée qu'on en donne dans les Traités d'Algèbre modernes, s'applique aux équations transcendantes, sous réserve de conditions de continuité faciles à énoncer, et notamment à l'équation

$$F(\alpha, \beta, \gamma, x) = 0.$$

M. Hurwitz [2] a indiqué une suite de Sturm convenant à cette équation pour les valeurs positives de x qui sont moindres que 1.

Voici des suites analogues pour les valeurs de la variable x comprise entre zéro et -1 et, plus généralement, entre -1 et $+1$. Quatre cas sont à distinguer :

1° $\quad 0 < \alpha < 1, \quad 0 < \beta < \gamma;$

2° $\quad 0 < \alpha < 1, \quad \beta > \gamma > 0;$

3° $\quad \alpha > 1, \quad \beta > \gamma > 0;$

4° *l'un au moins des nombres* α, β, γ *est négatif.*

Premier cas. — Quel que soit x compris entre -1 et $+1$, l'équation n'a pas de racines réelles.

Deuxième cas :

$$F(\alpha, \beta, \gamma, x), \quad F'(\alpha, \beta, \gamma, x), \quad F(\alpha, \beta, \gamma+1, x),$$
$$F(\alpha, \beta, \gamma+2, x), \quad \ldots, \quad F(\alpha, \beta, \gamma+p, x),$$

où

$$\gamma + p - 1 < \beta < \gamma + p$$

---

(1) Présentée dans la séance du 15 février 1909.

(2) *Mathematische Annalen*, t. XXXVIII.

est une suite de Sturm, sous réserve de changer les signes de quelques-uns de ses termes.

Troisième cas :

$$F(\alpha, \beta, \gamma, x), \quad F'(\alpha, \beta, \gamma, x), \quad F(\alpha - 1, \beta, \gamma, x),$$
$$F(\alpha - 2, \beta, \gamma, x), \quad \ldots, \quad F(\alpha - i, \beta, \gamma, x),$$
$$F(\alpha - i, \beta, \gamma + 1, x), \quad F(\alpha - i, \beta, \gamma + 2, x), \quad \ldots, \quad F(\alpha - i, \beta, \gamma + h, x)$$
$$(0 < \alpha - i < 1, \ \gamma + h - 1 < \beta < \gamma + h)$$

est une suite de Sturm, sous la même réserve que précédemment.

Quatrième cas :

$$(S) \quad \begin{cases} F(\alpha, \beta, \gamma, x), \quad F'(\alpha, \beta, \gamma, x), \quad F''(\alpha, \beta, \gamma, x), \quad \ldots, \quad F^{(n)}(\alpha, \beta, \gamma, x), \\ F(\alpha + n - 1, \beta + n, \gamma + n, x), \quad F(\alpha + n - 2, \beta + n, \gamma + n, x), \quad \ldots, \\ F(\alpha + n - p, \beta + n, \gamma + n, x) \\ (\alpha + n > 1, \ \beta + n > 0, \ \gamma + n > 0, \ 0 < \alpha + n - p < 1) \end{cases}$$

est une suite de Sturm si $\alpha < \gamma$, et si $\beta > \gamma$ on *prolongera* la suite précédente par celle-ci :

$$F(\alpha + n - p, \beta + n, \gamma + n + 1, x), \quad F(\alpha + n - p, \beta + n, \gamma + n + 2, x), \quad \ldots,$$
$$F(\alpha + n - p, \beta + n, \gamma + n + q, x),$$
$$\gamma + q - 1 < \beta < \gamma + q;$$

si

$$0 < \alpha + n < 1, \qquad \beta > \gamma,$$

on prolongerait (S) par

$$F(\alpha + n, \beta + n, \gamma + n + 1, x), \quad F(\alpha + n, \beta + n, \gamma + n + 2, x), \quad \ldots,$$
$$F(\alpha + n, \beta + n, \gamma + n + k, x);$$

(S) n'est une suite de Sturm complète que si

$$\alpha + n < 1, \qquad \beta < \gamma.$$

La séparation des racines une fois effectuée, on peut resserrer arbitrairement les intervalles α, β jusqu'à ce que ceux-ci ne contiennent plus qu'une racine chacun de l'équation $y = 0$ et ne contiennent pas de racines des équations $y' = 0$, $y'' = 0$; cela est facile puisque, d'ordinaire, les suites de Sturm renferment y', y''; on peut alors appliquer au calcul de la racine comprise entre α, β les méthodes ordinaires d'approximation.

Pour beaucoup d'autres équations usuelles, $y(x) = 0$, où $y(x)$ vérifie une équation différentielle du second ordre linéaire et homogène

$$x \;\; + A(x)\,y'(x) + B(x)\,y''(x) = 0,$$

d'où l'on peut conclure par dérivations

$$y'(x) + A_1(x)\,y''(x) + B_1(x)\,y'''(x) = 0,$$
$$y''(x) + A_2(x)\,y'''(x) + B_2(x)\,y^{IV}(x) = 0,$$
$$\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots;$$

$y, y', y'', \ldots, y^n$ constituent encore une suite de Sturm et l'on trouve d'ordinaire une dérivée y^n dont l'étude entre deux limites données *a priori*, α et β, est assez facile; par exemple, pour

$$y = x\cos x - \sin x,$$

qui vérifie l'équation différentielle

$$(x^2+1)y - 2xy' + x^2y'' = 0,$$

y, y', y'' est une suite de Sturm suffisant à séparer les racines de $y(x) = 0$; pour

$$y_n = 1 - \frac{x}{1(n+1)} + \frac{x^2}{1.2(n+1)(n+2)} - \frac{x^3}{1.2.3(n+1)(n+2)(n+3)} + \frac{x^4}{1.2.3.4(n+1)(n+2)(n+3)(n+4)} - \ldots,$$

qui vérifie l'équation différentielle

$$y_n + (x+1)y'_n + xy''_n = 0,$$

$y, y', y'', \ldots, y_n^h$ $(n+h < x < n+h+1)$ est une suite de Sturm, car il est immédiat que $y_n^h = 0$ n'a pas de racines réelles.

L'application aux équations

$$0 = 1 - x + \frac{x^2}{(1.2)^2} - \frac{x^3}{(1.2.3)^3} + \frac{x^5}{(1.2.3.4.5)^2} - \ldots,$$
$$0 = 1 - \frac{x}{2} + \frac{x^2}{3.2^2} - \frac{x^3}{4(2.3)^2} + \frac{x^4}{5(2.3.4)^2} - \ldots$$

n'offre pas de difficultés [1].

MÉCANIQUE. — *Sur la statique graphique de l'aéroplane*. Note [2] de M. **Léon Lecornu**, présentée par M. Painlevé.

Si l'on admet la loi du sinus, la recherche des conditions nécessaires pour la translation rectiligne et uniforme d'un aéroplane est facilitée par une construction qu'il me paraît utile de signaler.

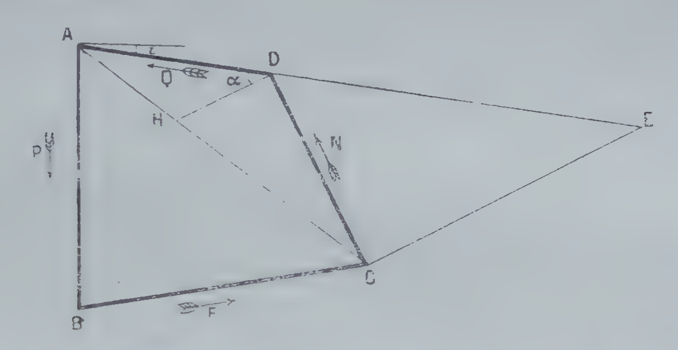
---

(1) Cf. Hurwitz, *Mathematische Annalen*, t. XXXVII.

(2) Présentée dans la séance du 18 janvier 1909.

Quatre forces se font équilibre : le poids P, la propulsion F due à l'hélice, la pression normale N exercée par l'air sur le plan sustentateur, enfin la résistance Q opposée par l'air au déplacement du système. L'addition géométrique de ces forces donne un quadrilatère ABCD dont le côté $AB = P$ est vertical.

Ce quadrilatère n'est pas quelconque : sa diagonale AC est partagée dans un rapport déterminé par la perpendiculaire DH au côté CD. Si, en effet, on appelle V la vitesse par rapport à l'air, vitesse dirigée suivant AD, et si l'on remarque que DH est la ligne de plus grande pente du plan sustentateur, on a, en désignant par α l'angle d'attaque ADH, par a et b deux constantes dépendant du mode de construction : $N = aV^2 \sin\alpha$ et $Q = bV^2$, d'où $\frac{CH}{AH} = \frac{N}{Q \sin\alpha} = \frac{a}{b}$.



La figure d'un quadrilatère est déterminée par cinq conditions. Vu la relation précédente, il suffit ici de quatre autres conditions. Donnons-nous la direction de la propulsion F. Nous pouvons encore choisir arbitrairement trois données qui seront généralement prises parmi les éléments suivants : poids P, propulsion F, grandeur V et inclinaison i de la vitesse. Comme $Q = bV^2$, on peut, au lieu de V, se donner Q. De là quatre problèmes principaux, correspondant aux combinaisons des quatre éléments P, F, Q, i pris trois à trois.

Pour abréger le langage, appelons Γ_0 la circonférence décrite de A comme centre avec AD comme rayon, Γ_1 celle qui admet CH comme diamètre, Γ_2 celle dont le diamètre est le segment DE obtenu en prolongeant AD d'une longueur égale à $Q\frac{a}{b}$, en sorte que CE soit parallèle à HD. Les quatre problèmes se résolvent de la manière suivante :

1° *Données* P, F, Q. — Le point D est à l'intersection de Γ_0 et de Γ_1.

2° *Données* P, F, i. — Le point D est à l'intersection de Γ_1 avec la droite AE, dont la direction est connue.

3° *Données* P, Q, i. — Le point C est à l'intersection de Γ_2 avec la droite BC, de direction connue.

4° *Données* F, Q, *i*. — Le point C est à l'intersection de Γ_2 avec une verticale connue.

Chaque problème admet ainsi deux solutions, faciles à construire avec la règle et le compas. La figure obtenue fait connaître la grandeur et la direction de chaque force, l'inclinaison du plan sustentateur, enfin la grandeur et la direction de la vitesse par rapport à l'air. Il est aisé de discuter, dans chaque cas, les conditions de réalité. Soit, par exemple, à trouver l'inclinaison minimum de la trajectoire rectiligne, le moteur étant arrêté. F est alors nul, et C coïncide avec B. Le point H occupe une position H_1 entre A et B. L'inclinaison cherchée est celle d'une tangente menée de A à la circonférence décrite sur le segment $BH_1 = \frac{a}{a+b}P$ comme diamètre. Soit encore à trouver le minimum de la force propulsive, de direction donnée, permettant d'imprimer au système, en air calme, une translation horizontale. AE est alors horizontal. Si l'on fait varier V, et par conséquent Q, la circonférence Γ_2 demeure homothétique à elle-même par rapport à A, et elle enveloppe deux droites issues de ce point. Considérons celle de ces droites, Δ, qui est au-dessous de AE, et prenons son point de rencontre C_1 avec la droite BC, dont la direction est connue. BC_1 est le minimum cherché. La valeur de ce minimum dépend de l'inclinaison de la force propulsive. L'inclinaison la plus avantageuse est celle de la perpendiculaire à Δ.

Si le coefficient b de la résistance à l'avancement augmente pour une cause quelconque, sans variation de la force F non plus que de l'inclinaison du plan sustentateur, le point D se rapproche de C, sur la droite fixe CD. Il en résulte que les angles i et α augmentent, tandis que N diminue. Comme $N = aV^2 \sin\alpha$, il faut que V diminue. C'est à peu près ce qui se produit dans un virage : la manœuvre du gouvernail de direction, en même temps qu'elle développe la force centripète nécessaire à la rotation, augmente la résistance à l'avancement. Elle tend donc à faire descendre l'aéroplane et à réduire sa vitesse.

AÉRONAUTIQUE. — *Force et puissance de propulsion des hélices aériennes.* Note [1] de M. René Arnoux, présentée par M. H. Deslandres.

Dans cette Note la *force de propulsion d'une hélice* est définie par l'effort qu'elle est susceptible de développer suivant son axe de rotation. Le pro-

[1] Reçue dans la séance du 18 janvier 1909.

duit de cet effort par la vitesse de translation suivant ce même axe définira la *puissance propulsive* de l'hélice considérée.

La poussée d'une hélice au point fixe est généralement connue parce qu'elle est très facile à mesurer, mais la loi qui lie cette poussée à la vitesse de translation de l'hélice suivant son axe n'a pu être déterminée jusqu'ici faute d'un bon palier de butée dynamométrique. Or ce qu'il est intéressant de connaître c'est la *poussée dynamique* de l'hélice lorsqu'elle se déplace dans l'air avec une vitesse égale à celle de l'appareil propulsé. Cette mesure serait actuellement impossible si l'on n'observait pas qu'il est indifférent que ce soit l'hélice qui se déplace avec une vitesse v par rapport à l'air ambiant ou ce dernier avec la même vitesse, mais en sens contraire par rapport à l'hélice fixe.

C'est précisément en opérant à l'aide de cette dernière méthode que nous sommes parvenu à établir expérimentalement que la poussée f d'une hélice tournant à poste fixe à une vitesse angulaire ω, maintenue constante, dans l'air animé d'une vitesse v par rapport à l'appareil, peut être pratiquement représentée par une fonction de v linéaire et décroissante de la forme

$$f = b\left(1 - \frac{v}{a}\right) \tag{1}$$

dans laquelle b est la poussée au point fixe et a la *vitesse limite* de translation qu'aurait l'hélice suivant son axe, eu égard à sa vitesse angulaire ω et à son pas. Si l'on observe que la poussé b d'une hélice au point fixe est liée à ω par la relation $b = k\omega^2$, k étant un paramètre fonction du diamètre, du pas, de la surface des pales, etc., l'équation (1) devient, en observant que $a = h\omega$, h désignant le pas de l'hélice ou son avance par tour suivant son axe,

$$f = k\omega^2\left(1 - \frac{v}{h\omega}\right). \tag{2}$$

Cette relation montre qu'à chaque valeur de ω correspond une valeur limite $h\omega$ de la vitesse v de translation, limite pour laquelle la poussée f s'annule. La *puissance utile de propulsion* W de l'hélice, étant égale au produit de la poussée f par la vitesse v, est dès lors déterminée par la relation

$$W = fv = k\omega^2 v\left(1 - \frac{v}{h\omega}\right) = \frac{k\omega}{h} v(h\omega - v), \tag{3}$$

laquelle montre que pour chaque valeur de ω la *puissance propulsive* est représentée par une parabole du deuxième degré et que cette puissance passe par un maximum correspondant au maximum du produit des deux facteurs v et $(h\omega - v)$.

La somme de ces deux facteurs étant constante et égale à $h\omega$, ce maximum a lieu pour $v = h\omega - v = \frac{1}{2}h\omega$. Ainsi le maximum de puissance propulsive d'une hélice tournant à vitesse angulaire constante a lieu lorsque sa vitesse de translation par rapport à l'air ambiant est égale à la moitié de la vitesse limite $h\omega$ et cette puissance s'annule aussi bien pour $v = 0$ que pour $v = h\omega$.

Ceci posé, si l'on définit le *rendement propulsif* de l'hélice par le rapport $v : h\omega$ de la vitesse v réellement réalisée à la vitesse limite $h\omega$, on voit que ce rendement est de 50 pour 100 lorsque la puissance propulsive est maximum et ne peut devenir intégral que pour des valeurs nulles de la poussée et de la puissance propulsive.

Dans ces conditions les maximums de la poussée, de la puissance et du rendement propulsifs, ayant lieu pour les trois valeurs différentes 0, $\frac{1}{2}h\omega$ et $h\omega$ de la vitesse v de translation, il y a lieu de déterminer pour quelle valeur de v le produit

$$W \times R_p = \frac{k}{h} v^2 (h\omega - v) \tag{4}$$

de la puissance par le rendement propulsif passe par un maximum. Le calcul montre immédiatement que ce maximum est atteint pour $v = \frac{2}{3}h\omega$. Dans ce cas la poussée est réduite au $\frac{1}{3}$ de sa valeur au point fixe, la puissance propulsive aux $\frac{8}{9}$ de sa valeur maximum et le rendement est égal à $\frac{2}{3}$ ou 67 pour 100.

Actuellement l'hélice est calculée ou réglée par tous les constructeurs de façon à absorber au point fixe le maximum de la puissance du moteur qui l'actionne. Or, comme nous savons que la réaction de l'air sur ses pales diminue à mesure que s'accroît la vitesse de translation, il en résulte que le couple résistant opposé au moteur diminue également, la vitesse angulaire s'accélère, dépasse celle correspondant à ce maximum de puissance et peut atteindre des valeurs susceptibles d'amener la rupture de l'hélice. Le but que doit se proposer le constructeur est, non pas de chercher à obtenir des rendements propulsifs supérieurs à 67 pour 100, mais bien d'approprier les dimensions de l'hélice à celles de l'appareil propulsé et de réduire les résistances opposées par ce dernier à sa translation de façon que sa vitesse de régime v soit aussi voisine que possible des $\frac{2}{3}$ de la vitesse limite $h\omega$ que pourrait lui imprimer son organe propulseur.

En général on aura toujours avantage à employer des hélices de grand diamètre appuyant sur l'air par de grandes surfaces de pales. L'explication de la faible puissance mécanique propulsant l'aéroplane des frères Wright réside bien plutôt dans l'emploi de deux hélices de grand diamètre et de

grandes surfaces de pales que dans la cambrure ou le profil de ces dernières.

Ceci est d'ailleurs extrêmement facile à faire ressortir par les considérations suivantes. En effet lorsque l'appareil, propulsé par son hélice, se meut à une vitesse de régime v à travers l'atmosphère, il refoule vers l'avant une masse d'air M et communique à celle-ci dans un temps t une quantité de mouvement Mv et une énergie cinétique $\frac{1}{2}Mv^2$, tandis que dans le même temps l'hélice refoule en sens inverse, c'est-à-dire vers l'arrière, une masse d'air généralement beaucoup plus petite m à une vitesse V qui, en raison du principe d'égalité de l'action et de la réaction et puisque nous supposons uniforme le régime du système et constante la poussée f de l'hélice, est telle qu'on ait constamment

$$Mv = ft = mV.$$

Mais à ces quantités de mouvement correspondent respectivement des quantités d'énergie cinétique $\frac{1}{2}Mv^2$ et $\frac{1}{2}mV^2$ qui diffèrent d'autant plus l'une de l'autre que la masse d'air m sur laquelle s'appuie l'hélice est plus petite relativement à la masse d'air M déplacée par l'aéroplane. Dès lors, il est facile de voir que l'énergie cinétique communiquée à l'air par l'hélice et par conséquent la puissance mécanique à fournir à celle-ci est $\frac{V}{v}$ ou $\frac{M}{m}$ fois plus grande que celle strictement nécessaire à la propulsion de l'aéroplane. L'avantage des hélices de grand diamètre à grandes surfaces de pales tournant lentement sur les petites hélices à grande vitesse angulaire se trouve ainsi nettement mis en évidence.

PHYSIQUE. — *Effets thermiques de l'arc musical; fusion probable du carbone.* Note de M. **M. La Rosa**, présentée par M. Lippmann.

J'ai démontré dans une Note ([1]) de janvier 1907 qu'on peut obtenir le phénomène de l'arc musical en dérivant aux pôles d'un arc voltaïque un circuit doué seulement de capacité, et que cette suppression de la self-induction dans la disposition bien connue de Duddel produisait un accroissement dans la fréquence et l'amplitude des oscillations, et dans la quantité d'électricité mise en mouvement dans chaque charge ou décharge, c'est-à-dire produisait un grand accroissement de la puissance moyenne dépensée par chaque décharge dans l'arc.

([1]) *Il fenomeno dell' arco cantante in un circuito che non ha un periodo proprio di oscillazione* (*Rend. R. Acc. Lincei*), 5e série, t. XVI, fasc. 2, p. 112).

J'ai montré depuis (¹) que, lorsque la capacité du circuit dérivé est assez grande, et la résistance et la self-induction sont très petites, le spectre de l'arc musical coïncide avec celui d'une étincelle *condensée* produite entre les mêmes charbons ; et j'ai montré encore qu'en faisant décroître lentement la capacité, ou croître la self-induction, le spectre se transforme graduellement et reprend les caractères du spectre de l'arc ordinaire. En étudiant les éléments principaux du phénomène électrique, j'ai pu observer un parallélisme complet entre la puissance moyenne dépensée dans l'arc par chaque décharge et la structure du spectre émis, de sorte que, parmi les spectres obtenus en conditions différentes du circuit dérivé, celui qui correspondait à une puissance moyenne employée plus grande et de l'ordre de grandeur de celle employée dans une décharge condensée ordinaire était toujours plus près du type obtenu avec l'étincelle.

De la discussion des résultats de mon travail et de ceux d'autres expérimentateurs, sur la transformation du spectre d'étincelle en celui d'arc, et sur l'apparition en ce spectre de lignes d'étincelle, j'ai pu conclure que le spectre d'étincelle correspond à un degré d'excitation plus grand que celui de l'arc, et que l'élément fondamental qui détermine la structure spectrale est la *puissance moyenne dépensée dans l'unité de masse du gaz excité*.

Ayant ainsi établi que dans l'arc musical, quand la self-induction et la résistance du circuit dérivé sont très petites, on consomme une puissance moyenne *spécifique* plus grande que dans l'arc ordinaire, il est naturel de se demander si, avec un degré plus élevé d'excitation lumineuse, on n'atteint une température plus élevée que celle de l'arc ordinaire, et partant des effets thermiques qu'on n'a pas pu obtenir avec celui-ci. De telles considérations m'ont conduit à essayer de fondre le carbone par l'arc musical (²).

Les expériences ont été faites avec du charbon de sucre qui, brûlé dans un courant d'oxygène, laissait un résidu de 0,1 pour 100. Les électrodes de charbon (diamètre de 11^{mm}) choisis exprès parmi les plus purs que j'ai pu me procurer laissaient, après combustion, un résidu de 0,33 pour 100. En soumettant pendant quelques heures le charbon de sucre, réduit en poudre menue, à l'action de l'arc musical, avec un circuit dérivé d'une capacité de 60 microfarads, et dont la self-induction et la résistance étaient celles des seuls cordonnets d'attache (presque 1000^{cm} et 0,1 ohm, respectivement), il se formait sur les deux électrodes des encroûtements différents entre eux comme forme et dimensions. Celui de l'électrode positif est plus large que haut; il a la forme d'un tronc de cône qui s'appuie par la base la plus petite sur l'électrode;

(¹) *Trasformazioni dello spettro dell' arco elettrico cantante* (*Memorie della R. Acc. Lincei,* 5e série, t. VII, 1908, p. 451).

(²) Selon M. Moissan, il serait impossible de fondre le carbone à la pression ordinaire. Mais cette conclusion, selon moi, n'est pas justifiée, et je me réserve de la discuter dans la relation plus ample que je donnerai sous peu de mes expériences.

l'autre base est remarquablement creuse; de sorte que l'encroûtement a dans son ensemble l'aspect d'une coupe; elle peut atteindre la hauteur de 6^{mm} et le diamètre de 14^{mm}. Celui de l'électrode négatif a la forme d'un cylindre de diamètre inférieur à celui de l'électrode; il est plus ou moins irrégulier à cause de la présence de petits regonflements et peut atteindre la hauteur de 10^{mm}. L'extrémité du cylindre, tournée vers l'autre électrode, est plus mince et arrondie en haut.

Les surfaces latérales des deux encroûtements sont noires, et l'on y aperçoit les parcelles du charbon de sucre attachées; tandis que les surfaces entre lesquelles passait l'arc sont de couleur grise non uniforme, et elles présentent de larges veines d'un gris plus pâle; elles sont luisantes et semblent légèrement émaillées. En détruisant ces encroûtements, on trouve une partie périphérique peu résistante, presque friable, qui se laisse réduire en poudre, même par un petit effort. Dans cette poudre, on peut reconnaître au microscope les petits grains primitifs du charbon transformés, en quelques points, en graphite, et une partie plus intérieure formée de graphite très compact et résistant aux efforts de rupture; elle est assez onctueuse au tact et luisante. Ces petites masses de graphite ne laissent plus distinguer, au microscope, aucune trace des contours des parcelles du charbon primitif.

J'ai déterminé également avec beaucoup de soins le résidu laissé par ces petites masses brûlées dans un courant d'oxygène pour voir quelle importance pouvait avoir dans le fait de leur cémentation la présence de traces d'impureté. Ces échantillons de graphite montrent une très grande résistance à la combustion; il ne fut pas possible, en effet, de les brûler complètement dans un tube ordinaire de combustion, parce que, à la haute température nécessaire pour les brûler, le verre se ramollissait et se perçait. J'ai donc dû faire usage d'un tube de porcelaine. Le résidu déterminé sur $1^{g},290$ de substance fut de 0,05 pour 100, c'est-à-dire plus petit que celui du charbon de sucre employé.

Le résultat de cette analyse, la ténacité de l'agrégat et l'observation microscopique du graphite obtenu, me conduisent à exclure qu'il puisse résulter de parcelles de graphite cémentées seulement par de petites quantités de matières étrangères.

On pourrait croire que la formation de ces encroûtements est due à la sublimation du carbone, si ce n'est qu'en répétant l'expérience dans des conditions identiques avec un arc à courant continu et en prolongeant même pendant plusieurs heures la durée de l'expérience, on ne réalise pas le résultat qui avait été obtenu. L'on obtient sur les électrodes des agglomérés ayant une forme extérieure analogue, mais ils présentent une très petite cohésion; sous l'action de la faible compression exercée par les doigts en les prenant, ils se cassent et se réduisent très facilement en une poudre, qui a les mêmes caractères que celle provenant de la couche extérieure des encroûtements que nous avons déjà décrits.

De plus, en observant directement le phénomène, j'ai remarqué dans l'arc chantant que la formation des encroûtements est accompagnée par un tourbillon qui emporte, d'une façon continue, la poudre ardente entre les électrodes, et qu'ils acquièrent des dimensions considérables en un temps d'autant plus court que le tourbillon est plus vif et l'arc plus bruyant.

L'ensemble de ces observations me conduit donc à admettre que *les parcelles de carbone rencontrées par la décharge intermittente atteignent l'état liquide* et que, pour cela, la température de l'arc chantant, dans les conditions dans lesquelles il émet le spectre d'étincelle, est réellement plus élevée que celle de l'arc ordinaire.

PHYSIQUE. — *Sur la constitution des lignes souterraines qui amènent dans les grandes villes les circuits téléphoniques.* Note de M. **Devaux-Charbonnel**, présentée par M. H. Poincaré.

Par suite de diverses raisons il n'est pas possible, dans certaines villes, comme Paris, d'amener par voie aérienne les circuits téléphoniques jusqu'au bureau central. On doit faire usage de câbles souterrains, dont la longueur atteint souvent 10^{km}. D'autre part, à cause de l'étendue de la ville, il n'est pas rare qu'un abonné se trouve à 10^{km} du bureau central. Les circuits aériens sont donc prolongés par des lignes souterraines qui peuvent avoir une vingtaine de kilomètres.

On a depuis longtemps constaté que la présence de la section souterraine diminue considérablement l'intensité de la voix, à tel point qu'il a été impossible, uniquement à cause de ce fait, de constituer des relations directes entre certaines capitales importantes.

Au cours de recherches sur la propagation du courant, nous avons reconnu qu'il était possible de soumettre la question au calcul, et ce sont les premiers résultats de ce travail que nous allons présenter.

Nous avons précédemment montré (¹) que les courants téléphoniques étaient composés d'harmoniques dont quelques-uns, voisins de la fréquence 1000, avaient une importance capitale. On peut appliquer à ces courants les procédés des courants alternatifs sinusoïdaux, et calculer l'intensité reçue à l'extrémité d'une ligne, homogène ou non, pourvue d'appareils. Le rapport P, qui permet de comparer l'intensité reçue à celle qui se manifesterait s'il n'y avait pas de ligne souterraine, a pour valeur

$$P = \frac{Z_1}{Z}\left(\frac{A+B}{2}e^{al} + \frac{A-B}{2}e^{-al}\right), \tag{1}$$

(¹) *Comptes rendus*, 15 juin 1908.

expression où les lettres ont la signification suivante :

$$A = 1 + \frac{Z_t}{Z}; \qquad B = \frac{Z_t}{Z} + \frac{Z}{Z_1};$$

a, coefficient d'amortissement; l, longueur souterraine; Z, impédance ligne souterraine; Z_1, impédance ligne aérienne; Z_t, impédance appareil.

Toutes ces quantités se calculent au moyen des constantes électriques des lignes envisagées; pour l'appareil on peut admettre une résistance de 1000 et une résistance de 500, chiffres qui conviennent à beaucoup d'appareils, notamment à ceux de l'Administration des Téléphones.

Nous ajouterons que dans la formule (1) un terme a une importance capitale : c'est

$$R = \frac{e^{al}}{Z} Z_t. \tag{2}$$

On doit en conséquence s'attendre à trouver qu'il y a avantage à choisir des lignes dont l'impédance soit grande et l'amortissement minime.

Nous allons passer en revue quelques types de lignes souterraines et, pour rendre les résultats plus expressifs, nous indiquerons les longueurs aériennes de fils de gros calibre (5^{mm}) qui produiraient le même affaiblissement que la ligne souterraine considérée. C'est ce que nous appellerons la *longueur aérienne équivalente*.

Voici les résultats pour des câbles du modèle ordinaire, fils de cuivre, isolés au papier, de 1^{mm}, $2^{mm},5$, 5^{mm} de diamètre :

Longueur souterraine.	Longueur aérienne équivalente pour câbles de 1^{mm}.	$2^{mm},5$.	5^{mm}.
km 5	km 157	km 76	km 110
10	363	191	240
15	565	320	370
20	820	440	500

Ces câbles ont à peu près mêmes constantes, sauf la résistance qui varie suivant le diamètre. On voit immédiatement combien la section souterraine est nuisible à la bonne audition. Prenons un circuit aérien amené au bureau central par une ligne de 10^{km} en câble de $2^{mm},5$, et mis à la disposition d'un abonné par une ligne de même longueur en câble de 1^{mm} de cuivre. Cette ligne souterraine, qui n'a que 20^{km} au total, aura le même effet qu'une longueur de plus de 550^{km} du circuit aérien, c'est-à-dire 27 fois plus grande.

On voit encore que les fils de petit diamètre ne doivent pas être employés, mais qu'il n'est pas non plus avantageux de prendre des fils de fort calibre. En effet, à mesure que la résistance diminue, l'amortissement et l'impédance

prennent une valeur moindre. Mais l'impédance diminue plus vite que l'amortissement, et il y a une valeur optimum, qui correspond à peu près au calibre de $2^{mm},5$.

Les câbles du modèle ordinaire étant peu avantageux, on a cherché à obtenir de meilleurs résultats en augmentant la self-induction. Ce sont les procédés bien connus de l'insertion de bobines de self (procédé Pupin) ou du cuirassement des fils de cuivre par une enveloppe de fer (procédé Barbarat). Dans ce cas, l'impédance devient à peu près indépendante de la résistance. Elle augmente avec la self, en même temps que l'amortissement diminue. Le procédé doit donc être efficace. Mais il ne faut pas oublier que l'insertion de bobines introduit une résistance supplémentaire qui est de l'ordre de 20 ohms par kilomètre pour 0,1 henry à la fréquence de 1000. Cette résistance est relativement considérable.

Voici les résultats du calcul :

Longueur souterraine.	Longueur aérienne équivalente pour câbles de		
	1^{mm}.	$2^{mm},5$.	5^{mm}.
km 5	km 82	km 40	km 31
10	180	114	100
15	240	130	120
20	310	150	140

Encore ici, à cause de la résistance des bobines supplémentaires, il n'y a pas intérêt à prendre des calibres trop forts. Le câble est meilleur que dans le cas précédent. Il n'est pas entièrement satisfaisant.

Devant la difficulté pratique d'augmenter la self d'une manière efficace, on peut se demander s'il ne serait pas aussi avantageux et plus commode d'agir sur la capacité.

En doublant l'épaisseur de la gaine de papier, on aurait une capacité deux fois moindre, et, comme la self deviendrait en même temps double, on devrait obtenir un câble possédant de bonnes qualités téléphoniques.

Voici ce que permet de prévoir le calcul :

Longueur souterraine.	Longueur aérienne équivalente.
km 5	km 50
10	100
15	140
20	170

Un câble de ce genre serait supérieur aux câbles ordinaires. Il semble qu'il serait à peu près équivalent aux câbles pupinisés. En réalité, il serait meilleur. En effet, l'affaiblissement du câble pupinisé varie peu avec la fréquence. Le câble à faible capacité posséderait, au contraire, pour les basses fréquences correspondantes aux sons fondamentaux de la voix, un affaiblissement très petit, du même ordre que celui des lignes aériennes. Il est donc probable que l'intercalation d'une vingtaine de kilomètres de ce câble, à l'extrémité d'un circuit aérien, ne modifierait que très peu l'intensité de la voix.

Nous avons cru utile de signaler les propriétés précieuses des câbles à faible capacité. Leur fabrication ne paraît pas devoir comporter de difficultés spéciales, et leur prix de revient ne peut être beaucoup plus élevé que celui des câbles ordinaires. Ils semblent destinés à résoudre le problème de la constitution des amorces souterraines d'une façon satisfaisante, car ils seraient à la fois moins chers, plus commodes et plus efficaces que les câbles à grande self-induction.

PHYSIQUE. — *Sur l'existence d'électrons positifs dans les tubes à vide.* Note de M. A. **Dufour**, présentée par M. J. Violle.

M. J. Becquerel a décrit précédemment (1) des expériences qu'il a faites dans des tubes à vide et dont il interprète les résultats en supposant que le faisceau particulier qu'il a obtenu est constitué, au moins sur une partie de son trajet, par des *électrons positifs*, comparables aux électrons négatifs, ou du moins possédant un rapport de la charge à la masse du même ordre de grandeur.

J'ai répété ces expériences à l'aide du tube (2) représenté par la figure 1;

---

(1) *Comptes rendus*, t. CXLVI, 22 juin 1908, p. 1308; *Le Radium*, t. V, juillet 1908, p. 193.

(2) Ce tube a été construit conformément aux indications données par M. J. Becquerel dans *Le Radium*, t. V, p. 194 et 196. Il était alimenté par un condensateur dont le débit était réglé par une résistance liquide; le condensateur était chargé à haut potentiel par une bobine d'induction marchant à l'aide d'un interrupteur Wehnelt et munie des deux soupapes Villard nécessaires; c'est le dispositif connu, imaginé par M. Villard, et qui est équivalent et parfois même préférable à une machine électrostatique puissante.

j'ai retrouvé les mêmes résultats expérimentaux que M. J. Becquerel, mais l'interprétation qu'il en donne me paraît être inexacte.

Quand on crée un faible champ magnétique au voisinage de c', on dévie légèrement les rayons cathodiques émis par la cathode c et allant de c vers c'; il se forme donc sur la paroi de verre de l'ampoule B une tache fluorescente

Fig. 1 [1].

verte que nous désignerons par T et qui indique l'endroit où le faisceau cathodique dévié rencontre le verre; nous allons voir que la position de cette tache T, point d'arrivée du faisceau cathodique dévié par le champ, est en relation directe avec la formation et la direction du faisceau de M. J. Becquerel.

L'expérience montre, en effet, qu'il suffit d'amener cette tache T à la même position pour obtenir le faisceau dévié précédent. On peut, pour cela, faire agir, comme M. J. Becquerel, un petit aimant au voisinage de c'.

Mais on peut aussi faire agir un aimant dans la région C du tube, le champ étant alors négligeable en c'. Pourvu que la tache T soit au même endroit sur

---

(1) Ce cliché est extrait du *Radium*, t. VI, 1909, p. 4.

le verre, on observe le faisceau de M. J. Becquerel également dévié dans les deux cas, bien que la valeur du champ magnétique au voisinage de c' ait décru considérablement.

On peut même constater que la déviation du faisceau de M. J. Becquerel *ne change pas de sens, même quand on change le sens du champ magnétique dans lequel il se trouve,* pourvu que la tache T reste à la même place. A cet effet, à l'aide de deux aimants, ou mieux de deux électro-aimants, on crée dans la région BD du tube un champ magnétique, de direction perpendiculaire à la droite cw et qui répond aux conditions suivantes : il est d'un certain sens entre c et a', et du sens contraire entre a' et w; en outre, on s'arrange, par tâtonnements, de manière que le déplacement *total* du faisceau cathodique émis par la cathode c et qui donne la tache T soit du même côté que si le champ entre c et a' existait seul. Dans ces conditions, le faisceau de M. J. Becquerel, étant dans un champ de sens inverse à celui dans lequel sont les rayons cathodiques émis par c dans la même direction, devrait être dévié du même côté que ces derniers s'il était formé d'électrons positifs. L'expérience montre le contraire : le faisceau précédent est, dans le tube D, par rapport à la droite $cc'w$, du côté opposé à celui de la tache T.

Ces observations amènent donc à la conclusion suivante : la déviation du faisceau de M. J. Becquerel n'est pas due directement au champ, mais *n'est que la conséquence du déplacement de la tache* T *quand un champ magnétique agit sur les rayons cathodiques émis par la cathode c.*

Ce fait s'éclaircit si l'on se rappelle certaines expériences de M. Villard qui l'ont conduit à énoncer la règle suivante (1) : Quand un faisceau cathodique frappe un obstacle, par exemple la paroi d'un tube, « un nouvel afflux se forme et arrive à la cathode comme partant du point frappé par les rayons cathodiques ». Dans le tube de M. J. Becquerel, outre l'afflux venant de toute la surface de l'ampoule B et qui fournit le faisceau-canal qui sort de c' dans le sens $c'w$ et qui est à peu près fixe, il se fait un second afflux qui part de la tache T, se dirige vers la cathode c' qui en est très voisine et dont le prolongement dans le tube D fournit le faisceau de M. J. Becquerel. Cette explication est d'accord avec les faits observés et, en particulier, avec la couleur caractéristique jaune orangé du verre rencontré par le faisceau précédent. M. J. Becquerel avait d'ailleurs pensé à cette explication; mais

---

(1) P. Villard, *Les Rayons cathodiques,* 1re édition, p. 97. *Collection Scientia.* Gauthier-Villars.

il l'avait rejetée comme inexacte [1], partant de l'idée préconçue que le faisceau-canal provenant de *c* était nécessaire pour la formation du faisceau déviable.

En résumé, *le faisceau déviable*, attribué par M. J. Becquerel à des électrons positifs, *est un faisceau-canal*, produit dans des conditions qui diffèrent de celles dans lesquelles on se place d'habitude pour produire les rayons-canaux.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le poids atomique du potassium*. Note de **M. G.-D. Hinrichs**, présentée par M. G. Lemoine.

Exprimés dans notre unité ($\frac{1}{12}$C, diamant), et en admettant qu'on a rigoureusement $C = 12$ pour $O = 16$, les poids atomiques des éléments sont généralement des nombres entiers; pour quelques-uns, il faut ajouter la fraction $\frac{1}{2}$; je n'ai pas encore trouvé la fraction $\frac{1}{4}$, mais il y a un cas, celui du potassium, pour lequel la fraction à ajouter est $\frac{1}{8}$. Le poids atomique de l'hydrogène est l'unité augmentée du poids atomique du pantogène (*Comptes rendus*, 2 novembre 1908). L'argent, d'après M. Richards, serait 107,88 ou bien $108 - \frac{1}{8}$ (*Comptes rendus*, t. CXLVI, 1908, p. 972); mais c'est seulement une apparence [2] (*Comptes rendus*, 14 décembre 1908, p. 1303). Donnons la démonstration directe pour le potassium.

Le potassium, $K = 39\frac{1}{8} = 39{,}125$. — L'opération employée tout récemment par M. V. Lenher (*Journal Am. Chem. Soc.*, janvier 1909, p. 20-24) pour déterminer le poids atomique du tellure se fait en chauffant du bromotellurate dans un courant de chlore. Pour les valeurs absolues : K $39\frac{1}{8}$, Cl $35\frac{1}{2}$, Br 80 et Te [3] $127\frac{1}{2}$, le rapport atomique est

$$R = \frac{2\,KCl}{K^2TeBr^6} = \frac{149{,}250}{685{,}750} = 0{,}21764.$$

Les variations Δ de ce rapport pour l'accroissement de 0,1 du poids atomique sont pour : K, $+23$; Cl, $+29$; Br, -19; Te, -3. Vu la petitesse de ΔTe, cette opération

(1) *Le Radium*, t. V, juillet 1908, p. 198, § 1.

(2) Pour l'argent, M. Hinrichs arrive encore à cette conclusion en appliquant sa même méthode de discussion aux déterminations toutes récentes de M. Richards, faites dans le laboratoire de l'Université de Berlin (*Journal Amer. Soc.*, janvier 1909), par les rapports de AzH^4Cl et de AgCl. Au lieu de la valeur 107,88 donnée par M. Richards, M. Hinrichs trouve ainsi 107,98.

(3) Hinrichs, *Moniteur scientifique*, 1908, p. 158.

ne permettra pas [1] la détermination de Te avec précision ; mais cette même circonstance rend l'opération très exacte pour la détermination des poids atomiques des trois autres éléments, surtout parce que leurs variations sont aussi à peu près de même grandeur (24).

M. Lenher a fait seize déterminations très concordantes dont le rapport analytique moyen est 0,21760. Donc l'excès analytique est — 4, soit — 1 pour chacun des quatre éléments en première approximation. Cela donnera les écarts moyens des Δ, pour : K, — 0,004 ; Cl, — 0,003 ; Br, + 0,005 ; Te, + 0,033.

Les valeurs absolues sont donc confirmées avec une précision de ±0,005 pour les éléments K, Cl, Br. On voit aussi que la précision pour Te n'est que $\frac{1}{30}$ de l'unité, comme nous l'avons prévu. En définitive, le vrai poids atomique du potassium est donc $39\frac{1}{8}$ exactement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Réactions colorées des corps indoliques avec les sucres.* Note de M. **Julius Gnezda**, présentée par M. Armand Gautier.

On chauffe jusqu'à vive ébullition 10$^{cm^3}$ d'une solution aqueuse concentrée de glucose, on ajoute 2 gouttes de lessive de soude, et aussitôt 6^{mg} à 10^{mg} d'α-méthylindol sec. Après avoir bien réparti le méthylindol, de manière qu'il ne reste pas de gouttelettes huileuses en suspension, on attend 2 minutes et l'on refroidit brusquement. On ajoute alors 2 gouttes d'acide chlorhydrique fumant $D = 1,12$ (il est absolument nécessaire d'employer l'acide à ce titre), et quand le liquide est devenu pâle, on ajoute encore 3$^{cm^3}$ de cet acide, ou *un peu* plus.

L'opération fournit un précipité de belle couleur verte; on le recueille sur un filtre, on lave à l'eau et on le sèche dans le vide. Ce précipité est formé de deux corps verts lorsqu'on a opéré soigneusement et, en plus, d'une résine si l'on a pris trop d'acide chlorhydrique. Toutes les tentatives pour réaliser un fractionnement parfait du mélange et obtenir un corps à point de fusion net sont restées vaines : la fraction la plus pure obtenue ne montre pas un point de fusion net, et suinte seulement vers 72° ; elle est carbonisée à 80°. Le nouveau corps est décomposé par les alcools éthylique et amylique, l'acétone et le chloroforme, qui le dissolvent en rouge ; l'éther le dissout en brun.

Pour les besoins analytiques usuels, cette réaction ne possède aucune valeur, mais je lui attribue de l'importance au point de vue de la chimie de la chlorophylle.

Le Tableau suivant indique les réactions des diverses espèces de sucres avec l'α-méthylindol ; il montre que, si l'on fait agir l'acide chlorhy-

---

[1] Cette application des variations Δ est déjà établie dans mes *Absolute atomic Weights*, 1901.

drique sur le liquide *chaud* (85° au moins), on obtient des résultats différents de ceux obtenus à froid.

	Sucres examinés.	Précipités formés à froid.	Précipités formés à chaud.
Pentoses	1. Xylose	Précipité vert	Précipité rouge Bordeaux
	1. Arabinose	» vert	» rouge
Méthylpentose :	Rhamnose	» vert	» vert
Hexoses	Glucose	» vert	» vert
	Mannose	» vert	» brun
	Galactose	» vert	» vert
	Fructose	» vert	» vert
	Ganbose	» vert	» rouge
	Glucosoxime (chlorhydrate)	» rouge	» rouge
Bihexoses	Maltose	» vert	» violet gris
	Lactose	» vert	» vert
	Saccharose	Pas de précipité	Pas de précipité
Trihexose :	Raffinose	Pas de précipité	Pas de précipité
Cyclose :	Inosite	Pas de précipité	Pas de précipité
Glucoside :	Amygdaline	Pas de précipité	Pas de précipité

Il résulte de ce Tableau que tous les sucres qui possèdent le groupement — CHO (ou un groupe cétonique qui, après l'addition d'alcali, est transformé en — CHO) donnent la réaction : le groupe — CHO réagit sur le groupement méthinique ≡ CH de 2^{mol} d'α-méthylindol.

Il faut remarquer que le formaldéhyde libre ne donne pas la réaction; d'autre part deux sucres tels que le glucose et l'arabinose, par exemple, peuvent se comporter différemment dans la réaction faite à chaud : il en résulte que la réaction n'est pas due seulement au groupe — CHO, ou à la coexistence de ce groupe avec le groupement terminal — CH^2OH qui est le même dans le glucose et l'arabinose. Il faut en conclure que les 3 ou 4 groupements intermédiaires — CH.OH — restent, dans le produit de la réaction, liés au groupe — CHO.

Les produits avancés de l'action des alcalis sur les sucres, ou les produits d'oxydation (acide lactique, acide glycolique, pyrocatéchine, acide gluconique) ne donnent pas la réaction.

Si au lieu de l'α-méthylindol on emploie les autres corps indoliques, on observe, en agissant sur le glucose en solution *chaude*, des rapports intéressants entre les trois dérivés méthylés de l'indol. Le *n*-méthylindol donne un précipité bleu azur, l'α-méthylindol un précipité vert, et le β-méthylindol (skatol) un précipité brun. On pourra utiliser cette constatation pour trouver, en s'appuyant sur les longueurs d'onde de la lumière, la distance

absolue du groupe méthyle au châmon = AzH du noyau pyrrolique des corps indoliques.

Dans les conditions décrites, l'indol lui-même donne, avec le glucose, une coloration brune, sans précipité.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les acides chloraliques*. Note de M. **Hanriot**, présentée par M. A. Gautier.

Dans des Notes précédentes [1], j'ai décrit sous le nom de *chloraloses* les combinaisons du chloral avec les divers sucres que j'ai pu me procurer (dextrose, galactose, mannose, arabinose, xylose, lévulose) et montré que ces composés répondaient aux formules telles que les suivantes :

```
      C Cl³                                   C Cl³
       |                                       |
       CH                                      CH
      /  \                                    /  \
     /    \                                  /    \
    O      C.OH — CH.OH — CH²OH,            O      C.OH — CH²OH.
    |      |                                |      |
  OH.CH    CH                             OH.CH    CH
      \   / \                                \   /  \
       \ /   \                                \ /    \
       CH ——— O                               CH ——— O
```

J'ai, de plus, montré qu'il se forme dans la réaction deux composés isomériques différant par les positions relatives des radicaux H et OH provenant du groupe aldéhydique du sucre, isomères que j'ai pu isoler dans la plupart des cas.

En soumettant ces composés à l'oxydation au moyen de divers agents, j'ai obtenu les acides chloraliques, dont je décris ici sommairement les propriétés.

Deux modes de préparation ont été employés.

Dans le premier, je chauffais une solution aqueuse de chloralose avec de l'acide sulfurique et du permanganate de potassium, puis j'extrayais l'acide formé en le dissolvant dans l'éther.

Dans le deuxième, j'oxydais le chloralose en le chauffant au bain-marie avec de

---

(1) *Comptes rendus*, t. CXVI, p. 63; t. CXVII, p. 734; t. CXX, p. 153; t. CXXII, p. 1127.

l'acide nitrique de densité 1,2. Il se dégage du bioxyde d'azote mêlé d'un peu d'acide carbonique, et le produit de la réaction, évaporé à sec, était redissous dans l'éther.

Quant à la purification du produit, elle se fait toujours de la même façon; l'éther est agité avec de la soude étendue qui s'empare de l'acide, puis on décante l'éther. La solution sodique, décomposée par l'acide sulfurique, puis agitée à nouveau avec de l'éther, lui cède de l'acide que quelques cristallisations amènent à l'état de pureté.

Les acides ainsi obtenus renferment encore des oxhydriles alcooliques; ceux-ci ne sont pas éthérifiables. Quand on traite les acides chloraliques par le chlorure d'acétyle et le chlorure de zinc dans les mêmes conditions où les chloraloses auraient donné des éthers acétiques, ils se convertissent en lactones renfermant une molécule d'eau en moins et dépourvues de propriétés acides. A la longue, ces lactones, laissées en contact avec les alcalis, s'hydratent à nouveau en se transformant en sels de l'acide correspondant. Je décrirai très sommairement ici les caractéristiques de ces acides, dont je donnerai dans un autre Mémoire les propriétés détaillées.

Acide α-glucochloralique $C^7H^7Cl^3O^6$. — Fines aiguilles anhydres, fusibles à 212°, donnant un sel de sodium aisément soluble. Traité par le chlorure d'acétyle, il ne donne pas de lactone.

Acide β-glucochloralique $C^7H^7Cl^3O^6, 2H^2O$. — Grandes tables rhombiques s'effleurissant au contact de l'air. Le sel sodique cristallise en aiguilles nacrées fort peu solubles dans l'eau. La lactone $C^7H^5Cl^3O^5$ fond à 185°.

Acide β-galactochloralique $C^7H^7Cl^3O^6$. — Cristaux anhydres, fusibles à 307°, moins soluble que les précédents; sa lactone $C^7H^5Cl^3O^5$ fond à 130°.

Lactone mannochloralique $C^8H^7Cl^3O^6$. — Lamelles cristallines fusibles à 242°, presque insolubles dans les divers dissolvants neutres.

Ce corps se dissout lentement dans l'ammoniaque en donnant le sel ammoniacal de l'acide mannochloralique, mais, quand on reprécipite celui-ci de son sel, il se convertit en lactone par simple dessiccation.

Acide α-arabinochloralique $C^7H^7Cl^3O^6$. — Aiguilles peu solubles fusibles à 320°, ne forme pas de lactone.

Acide β-arabinochloralique $C^7H^7Cl^3O^6$. — Petits cristaux brillants anhydres, fusibles à 307°, donnant aisément une lactone $C^7H^5Cl^3O^5$ fusible à 130°.

Acide β-xylochloralique $C^7H^7Cl^3O^6, 2H^2O$. — Grandes tables efflorescentes, donnant un sel de sodium presque insoluble, cristallisant en lamelles nacrées. Il fond à 202°. Sa lactone fond à 183°.

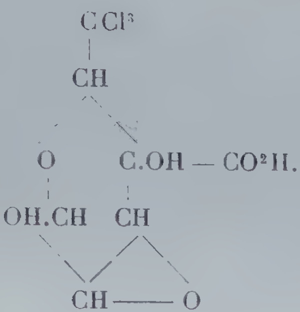
Des faits qui précèdent nous pouvons tirer quelques conclusions :

1° Seul le mannose fournit un produit d'oxydation en C^8 et qui est une lactone. Il semble que la formation directe de cette lactone ait protégé la chaîne latérale contre une oxydation ultérieure.

2° Tous les autres chloraloses se transforment par oxydation en un acide

chloralique en C^7, que le sucre dont ils dérivent soit un hexose ou un pentose. Il s'ensuit que, dans le cas des hexochloraloses, un atome de carbone se dégage à l'état de CO^2.

Or, si nous nous reportons aux formules des chloraloses que j'ai rappelées en tête de cette Note, nous voyons que les acides chloraliques doivent avoir comme constitution



3° Les acides β-glucochloralique et xylochloralique sont identiques entre eux; il en est de même des acides galactochloralique et β-arabinochloralique.

Dans une prochaine Note, je me propose de montrer les conséquences qu'on peut déduire de cette identité.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèses au moyen des dérivés organo-métalliques mixtes du zinc. Méthode de préparation des acides cétoniques et des dicétones.* Note de MM. E. Blaise et A. Kœhler, présentée par M. Haller.

Il n'existe pas, jusqu'ici, pour la préparation des acides cétoniques et des dicétones, de méthode générale indépendante, à partir d'un certain terme, du nombre d'atomes de carbone compris entre les groupements fonctionnels. Nous proposant précisément d'étudier les acides cétoniques et les dicétones d'une manière systématique, au point de vue spécial des réactions de cyclisation dont ces corps sont susceptibles, nous avons d'abord cherché une méthode permettant d'obtenir avec facilité les matières premières qui nous étaient nécessaires. Ce résultat a été très facilement atteint par l'emploi des dérivés organo-métalliques mixtes du zinc.

Le principe de la préparation des acides cétoniques a été déjà indiqué antérieurement par l'un de nous. Il consiste à partir d'un acide bibasique et à le transformer d'abord en éther-acide. Celui-ci est, à son tour, transformé

en chlorure-éther dont l'action sur un dérivé organo-métallique mixte du zinc conduit à un acide cétonique :

$$CO^2H - (CH^2)^n - CO^2H \rightarrow CO^2C^2H^5 - (CH^2)^n - CO^2H \rightarrow CO^2C^2H^5 - (CH^2)^n - COCl,$$

$$CO^2C^2H^5 - (CH^2)^n - COCl + R - Zn - I = ZnICl + CO^2C^2H^5 - (CH^2)^n - CO - R.$$

Les éthers-acides des séries succinique et glutarique se forment quantitativement en faisant réagir les anhydrides correspondants sur l'éthylate de sodium. Mais, pour les acides bibasiques des séries homologues, on rencontre plus de difficultés. Cependant, on peut obtenir un rendement de 50 pour 100 en mélangeant l'éther neutre, en léger excès, avec de l'éthylate de sodium en solution alcoolique et ajoutant ensuite la quantité d'eau théoriquement nécessaire à la saponification partielle. Les conditions exactes à observer seront détaillées dans un Mémoire ultérieur. On remarquera, d'ailleurs, que ce procédé ne comporte aucune perte, l'acide bibasique mis en œuvre étant retrouvé intégralement, sous forme d'éther acide, d'éther neutre et d'acide libre.

Depuis le terme adipique, les éthers-acides sont des corps solides, à point de fusion peu élevé, bouillant très bien et sans aucune altération dans le vide. On sait, au contraire, que les éthers-acides des séries succinique et glutarique donnent, dans ces conditions, l'acide (ou anhydride) et l'éther neutre correspondants.

Le meilleur agent à employer pour transformer les éthers-acides en chlorures-éthers est le chlorure de thionyle. La réaction s'effectue très aisément au bain-marie et elle donne un rendement sensiblement théorique. Ces chlorures-éthers sont liquides et bouillent, dans un bon vide, sans altération notable, depuis le terme adipique. Leur condensation avec les dérivés organo-métalliques mixtes du zinc conduit aux éthers-sels des acides cétoniques correspondants. Les rendements obtenus sont excellents et varient de 80 à 95 pour 100. Nous avons expérimenté la méthode depuis les acides γ jusqu'aux acides ε-cétoniques, et il n'est guère douteux qu'elle donnerait d'aussi bons résultats bien au delà de ce terme. Par contre, le chlorure d'éthoxalyle et le chlorure-éther malonique donnent des réactions plus complexes sur lesquelles nous reviendrons dans la suite.

Parmi les acides cétoniques obtenus, nous mentionnerons les suivants : heptanone-6-oïque-1, f. : 31°-32°; octanone-6-oïque-1, f. : 52°; nonanone-7-oïque-1, f. : 42°; décanone-8-oïque-1, f. : 64°; octanone-4-oïque-1, f. : 53°.

Si, partant des dichlorures des acides bibasiques, on les fait réagir sur les dérivés organo-métalliques mixtes du zinc, on obtient, sans plus de difficulté, les dicétones symétriques correspondantes :

$$COCl - (CH^2)^n - COCl + 2R - Zn - I = 2ZnICl + R - CO - (CH^2)^n - CO - R.$$

Il y a grand intérêt, dans ce cas, à préparer les chlorures d'acides au moyen du chlorure de thionyle, car, si l'on emploie le pentachlorure de

phosphore, celui-ci détermine toujours une chloruration partielle de la chaîne carbonée.

Il est assez remarquable que le chlorure d'adipyle ne bout pas complètement sans décomposition dans le vide, tandis que ses homologues distillent sans aucune altération sensible. Ce fait est dû probablement à la tendance à la cyclisation que manifestent les dérivés en position adipique.

La condensation des dichlorures avec les dérivés organo-métalliques mixtes du zinc donnent des rendements qui varient de 75 à 90 pour 100. La méthode est applicable depuis les acides de la série adipique, et nous l'avons expérimentée jusqu'à l'acide azélaïque. Pour les séries succinique et glutarique, elle ne peut être employée, car, dans ce cas, les chlorures se comportent comme s'ils répondaient à peu près exclusivement à la forme dissymétrique, et l'on obtient, comme produit principal, des lactones γ et δ.

Toutes les dicétones que nous avons obtenues sont des corps solides à point de fusion peu élevé, cristallisant en larges feuillets dans l'éther de pétrole léger. Nous mentionnerons la décanedione-3.8, f.: 62°; l'undécanedione-3.9, f.: 68°; la décanedione-2.9; f.: 64°; la dodécanedione-3.10, f.: 72°; et enfin l'undécanedione-2.10.

L'étude systématique de la cyclisation des acides cétoniques et des dicétones sera développée dans des Mémoires ultérieurs.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation de dérivés indazyliques au moyen des hydrazoïques orthocétoniques.* Note de M. **P. Carré**, présentée par M. A. Haller.

M. P. Freundler [1] a montré que les hydrazoïques renfermant un groupement aldéhydique en position ortho se transforment en dérivés indazyliques avec la plus grande facilité. Il était intéressant de vérifier que les dérivés indazyliques peuvent aussi s'obtenir au moyen des hydrazoïques orthocétoniques, suivant l'équation

$$C^6H^4\left\langle\begin{array}{l}CO - R\\ NH - NH - R'\end{array}\right. = H^2O + C^6H^4\left\langle\begin{array}{c}C - R\\ |\\ N\end{array}\right\rangle N - R'.$$

Malheureusement, les hydrazoïques et les azoïques orthocétoniques ne peuvent se préparer par les méthodes générales.

(1) P. Freundler, *Comptes rendus*, t. CXXXVII, p. 982.

C'est ainsi que la réduction de l'orthonitroacétophénone par la soude alcoolique et la poudre de zinc ne fournit pas d'hydrazoïque ni de dérivé indazylique (Freundler) [1].

Dans le cas de l'orthonitrobenzophénone il se produit bien une trace d'un composé qui présente les caractères des dérivés indazyliques, mais le produit principal de la réaction est constitué presque uniquement par l'orthoaminobenzophénone. A côté de cette dernière il se produit aussi une faible quantité d'orthohydrazodiphénylméthane et de diphénylméthane-orthohydrazobenzhydrol que je n'ai pu réussir à séparer, mais qui ont été caractérisés : le premier, par sa transformation benzidinique en dibenzyl-2-2'-diamino-4-4'-diphényle déjà décrit [2]; le second, par l'action des acides qui dégage de l'aldéhyde benzoïque et fournit le benzyl-2-diamino-4-4'-diphényle. Quant au dérivé indazylique, il se forme en trop faible proportion pour pouvoir être étudié.

La préparation des azoïques orthocétoniques par condensation des cétones ortho-aminées avec les dérivés nitrosés ne réussit pas davantage. Ainsi, la benzène-orthoazobenzophénone ne peut être obtenue par condensation du nitrosobenzène avec l'orthoaminobenzophénone. Le benzène-orthoazodiphénylméthane, qui par oxydation se transformerait facilement en benzène-orthoazobenzophénone, ne se forme pas non plus à partir de l'orthoaminodiphénylméthane et du nitrosobenzène.

J'ai cependant réussi à préparer un azoïque orthocétonique, l'ortho-azobenzophénone

$$C^6H^5-OC\!\!\left\langle\bigcirc\right\rangle\!-N=N-\!\left\langle\bigcirc\right\rangle\!CO-C^6H^5,$$

par oxydation, au moyen de l'acide chromique, de l'orthoazodiphénylméthane précédemment décrit [2]. La réduction de ce composé par le sulfhydrate d'ammonium ne fournit pas l'hydrazoïque correspondant, mais conduit au N-benzophénone-*c*-phénylindazol

$$C^6H^4\left\langle\begin{matrix}C-C^6H^5\\ |\\ N\end{matrix}\right\rangle N-C^6H^4-CO-C^6H^5,$$

ce qui vérifie les prévisions ci-dessus.

---

(1) P. Freundler, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XXXI, p. 866.

(2) P. Carré, *Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 102.

Réduction alcaline de l'orthonitrobenzophénone. — Le produit brut, qui provient de la réduction de l'orthonitrobenzophénone par la soude alcoolique et la poudre de zinc, est repris, à froid, par l'acide chlorhydrique au vingtième qui enlève l'orthoaminobenzophénone. Le résidu insoluble, traité par l'acide chlorhydrique dilué de son volume d'eau, à chaud, se dissout entièrement, en même temps qu'il se forme de l'aldéhyde benzoïque; ce dernier est entraîné par la vapeur d'eau et caractérisé par sa phénylhydrazone. La liqueur acide abandonne par dilution une très petite quantité d'une substance blanche qui présente les caractères des dérivés indazyliques. La solution diluée et filtrée, précipitée par l'ammoniaque, fournit un mélange de dibenzyl-2-2'-diamino-4-4'-diphényle et de benzyl-2-diamino-4-4'-diphényle dans lequel domine ce dernier; on sépare ces deux composés en profitant de ce que le premier est plus soluble que le second dans l'alcool, ou encore de ce que les sels du second sont plus solubles dans l'eau que ceux du premier.

L'orthoaminobenzophénone $C^6H^4(CO - C^6H^5)_1(NH^2)_2$, obtenue tout d'abord par Geigy et Königs [1], cristallise dans l'alcool en gros prismes fusibles à 110°-111° (Geigy et Königs indiquent 105°-106°). Elle réagit sur l'isosulfocyanate de phényle pour donner la *phényl-1-orthobenzophénone-2-thiourée*

$$C^6H^5 - NH - CS - NH - C^6H^4 - CO - C^6H^5,$$

poudre cristalline blanche, fusible à 156°-157°, très soluble dans l'alcool, assez soluble dans l'éther.

Le *benzyl-2-diamino-4-4'-diphényle* $(NH^2)_4C^6H^4 - C^6H^3(CH^2 - C^6H^5)_2(NH^2)_4$ cristallise dans l'alcool en petits prismes blancs fusibles à 209°, assez solubles dans le chloroforme et dans l'acétone, peu solubles dans l'alcool.

Son *chlorhydrate* $C^{19}H^{18}N^2, 2HCl$, se dépose de sa solution dans l'eau chlorhydrique en petits cristaux blancs qui fondent en se décomposant vers 200°.

Le *sulfate* $C^{19}H^{18}N^2, SO^4H^2$ forme aussi de petits cristaux blancs qui commencent à noircir vers 250° et se décomposent sans fondre au-dessus de 300°. Ces sels sont dissociés par l'eau. Ils sont plus solubles que les sels correspondants du dibenzyl-2-2'-diamino-4-4'-diphényle.

Préparation du N-*orthobenzophénone*-C-*phénylindazol.* — L'orthoazodiphénylméthane est oxydé par l'acide chromique en solution acétique, à la température de 60°-80°. *L'orthoazobenzophénone* formée est purifiée par lavage à l'éther, dans lequel elle est presque insoluble, et par cristallisation dans l'acide acétique. Elle se présente en beaux cristaux d'un rouge orangé, fusibles à 201°-202°, assez solubles dans l'acide acétique chaud et dans le chloroforme, presques insolubles dans les autres solvants usuels. Cette orthoazobenzophénone est ensuite réduite par le sulfhydrate d'ammonium, en solution alcoolique. Le produit brut de la réduction est traité par l'oxyde de mercure, afin de régénérer le groupement cétonique partiellement transformé en dérivé sulfuré. Il est purifié par dissolution dans l'acide chlorhydrique dilué de son volume d'eau, précipitation par l'eau et cristallisation dans l'alcool.

Le N-*orthobenzophénone*-C-*phénylindazol* obtenu se présente en cristaux blancs

---

(1) GEIGY et KÖNIGS, *D. chem. G.*, t. XVIII, p. 2403.

fusibles à 134°-135°, assez solubles dans les solvants usuels. Oxydé par l'acide chromique en solution acétique, il régénère quantitativement l'orthoazobenzophénone.

En résumé, la réduction de l'orthonitrobenzophénone par la soude alcoolique et la poudre de zinc, qui fournit principalement de l'orthoaminobenzophénone, nous donne un nouvel exemple de l'influence des groupements ortho-substitués sur la réduction alcaline des dérivés nitrés. Dans ce cas, la réaction se complique en outre de la réduction partielle du groupement cétonique dans les groupements CHOH et CH^2.

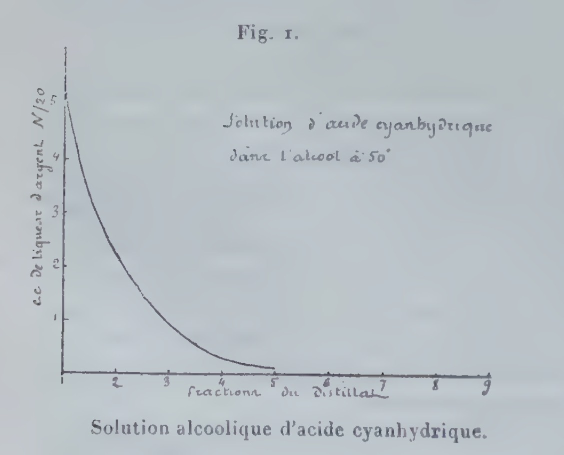
De plus l'obtention du N-orthobenzophénone-C-phénylindazol par réduction de l'orthoazobenzophénone indique que les hydrazoïques orthocétoniques, de même que les hydrazoïques orthoaldéhydiques, se transforment facilement en dérivés indazyliques.

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Sur la nature des composés cyanés des kirschs.* Note de MM. **X. Rocques** et **L. Lévy**, présentée par M. Müntz.

Au cours de recherches sur l'analyse des kirschs et, en particulier, sur le dosage de l'acide cyanhydrique, nous avons eu l'occasion d'observer certaines anomalies qui nous ont conduits à rechercher sous quelle forme l'acide cyanhydrique existait dans ce spiritueux.

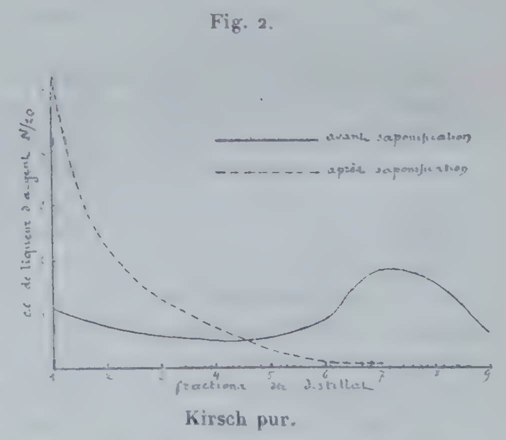
Nous avons opéré sur des kirschs authentiques de fabrication toute récente et de fabrication ancienne, ainsi que sur des solutions d'acide cyanhydrique dans l'alcool à 50°.

Fig. 1.



Solution alcoolique d'acide cyanhydrique.

Fig. 2.



Kirsch pur.

Nous avons suivi le mode opératoire suivant : les liquides mis en œuvre ont été distillés : 1° directement; 2° après une saponification effectuée en chauffant, pendant

1 heure, au refrigérant à reflux, 1[l] de kirsch additionné de lessive de soude. Le liquide était refroidi, puis rendu légèrement acide par une addition d'acide sulfurique.

La distillation opérée sur 1[l] de liquide a toujours été conduite dans les mêmes conditions de durée, et nous avons recueilli 9 fractions de 100[cm³] chacune.

Dans chacune de ces fractions, nous avons effectué le titrage volumétrique de l'acide cyanhydrique au moyen du nitrate d'argent $\frac{1}{20}$ N, en opérant en solution ammoniacale en présence d'iodure de potassium.

Nous donnons dans le Tableau suivant le résultat de ces essais, exprimés en centimètres cubes de nitrate d'argent $\frac{1}{20}$ N (dont on a retranché 0[cm³],1 nécessaire pour obtenir le trouble d'iodure d'argent indiquant la fin de la réaction).

Fractions.	Durée moyenne de la distillation.	Solutions d'acide cyanhydrique dans l'alcool à 50°.		Kirschs purs à 50° : obtenus par distillation récente.		Kirschs purs à 50° : ayant 2 ou 3 ans.				
		Récente.	Ancienne.	R.	P.	P.	P_1.	R.	R_1.	R_2.
				1° *Distillation directe.*						
1...	13[m]	5,20	7,55	7,85	11,40	5,75	4,05	1,10	3,20	1,10
2...	12	2,35	3,50	3,25	5,10	2,90	1,35	0,85	1,95	0,75
3...	11	0,95	1,70	1,40	2,35	1,50	1,20	0,90	1,15	0,60
4...	13	0,30	0,75	0,85	1,35	1,10	0,80	0,65	0,825	0,50
5...	15	0,15	0,25	0,75	0,80	0,90	0,65	0,525	0,775	0,55
6...	20	0	0	0,75	0,60	1,70	0,95	0,975	1,00	0,85
7...	30	0	0	0,60	0,15	1,15	1,20	1,10	1,30	1,80
8...	35	0	0	0,40	0,15	1,25	1,85	0,55	0,65	1,60
9...	45	0	0	0,15	0,10	1,00	1,20	0,15	0,25	0,70
Totaux.....		8,95	13,75	15,95	22,00	17,25	13,05	6,80	11,20	8,45
				2° *Distillation après saponification.*						
1...	13	〃	〃	8,05	9,55	8,0	4,60	3,10	4,70	5,35
2...	12	〃	〃	3,65	4,55	4,20	2,85	1,75	2,86	2,25
3...	11	〃	〃	2,35	2,15	2,50	1,75	0,85	1,45	1,23
4...	13	〃	〃	0,60	1,30	1,50	1,35	0,35	0,75	0,77
5...	15	〃	〃	0,45	0,60	0,80	1,20	0,30	0,45	0,55
6...	20	〃	〃	0,40	0,75	0,50	1,15	0,30	0,25	0,50
7...	30	〃	〃	0,40	0,50	0	0,15	0,10	0,15	0,40
8...	35	〃	〃	0,30	0,20	0	0,60	0	0	0,20
9...	45	〃	〃	0,25	0,25	0	0,20	0	0	0,25
			Totaux......	17,45	19,85	17,50	14,95	6,75	10,55	11,20

Les graphiques ont été tracés en prenant comme abscisses les nombres des fractionnements et, comme ordonnées, les centimètres cubes de liqueur d'argent $\frac{1}{20}$ N.

On peut déduire de l'examen de ces résultats :

1° Qu'une solution récente ou ancienne d'acide cyanhydrique dans l'alcool à 50° distille rapidement selon une courbe continue et que l'acide cyanhydrique passe totalement dans les cinq premières fractions;

2° Que, dans les kirschs vieux de 2 ou 3 ans, la courbe de distillation diffère beaucoup de la courbe de distillation d'une solution d'acide cyanhydrique; la courbe s'abaisse progressivement jusque vers la 5e fraction, puis elle remonte et atteint un maximum vers la 7e fraction;

3° Que, dans les kirschs fraîchement distillés, la courbe diffère aussi de celle d'une solution d'acide cyanhydrique, puisque la 9e fraction renferme encore une petite quantité de cet acide; mais les maxima observés dans les kirschs âgés sont remplacés par une partie de la courbe sensiblement parallèle à l'axe des abscisses;

4° Qu'après saponification des kirschs la courbe de distillation se rapproche de celle d'une solution d'acide cyanhydrique, sans toutefois lui être entièrement semblable; dans tous les cas, la partie maximum de la fin de la courbe disparaît.

Nous avons également observé que les dernières fractions provenant de la distillation directe des kirschs et qui correspondent aux maxima de la fin des courbes ont une odeur particulière rappelant celle de la farine de lin chauffée avec de l'eau. On n'observe pas cette odeur dans les fractions correspondantes obtenues par distillation des kirschs préalablement saponifiés; mais, dans ces derniers, le liquide distillé renferme des matières grasses qui passent vers la fin de la distillation.

En résumé, il nous paraît nettement ressortir de ces expériences que l'acide cyanhydrique n'existe que partiellement à l'état libre dans les kirschs vieux de 2 à 3 ans et qu'une portion notable de cet acide est en combinaison avec des dérivés gras à poids moléculaire élevé.

Nous nous proposons de poursuivre ces recherches pour déterminer la nature de ces combinaisons, ainsi que leur influence sur le vieillissement et la qualité des kirschs.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Coagulation du lait cru par la présure du Papayer* (Carica Papaya *L.*). Note de M. C. **Gerber**, présentée par M. Guignard.

Les recherches que nous poursuivons depuis quelque temps sur la présure du Papayer contenue dans la papayotine Merck nous ont conduit aux résultats suivants :

Ce ferment possède à l'égard des hautes températures une résistance aussi forte que celle qui a été signalée pour la diastase protéolytique du même végétal par MM. Delezenne, Mouton et Pozerski; cette résistance est supérieure à celle que nous avons observée pour le suc présurant du Mûrier de Chine (1) et différencie nettement l'action présurante de la papayotine de celles de la présure Hansen et de la pepsine.

A l'inverse encore de ces deux dernières, la présure du Papayer caséifie le lait à 0°, sans qu'il soit nécessaire d'ajouter du chlorure de calcium.

Quelle que soit la température à laquelle se fait la caséification, il est habituel d'observer, avec la papayotine, une dérogation à la loi de proportionnalité inverse.

Si l'on opère sur le lait bouilli avec lequel il est assez facile d'obtenir de longues coagulations, on peut remarquer que celles-ci, aux basses températures, se font plus lentement que ne l'exigerait la loi de Segelcke et Storch; au contraire, aux températures moyennes, les produits des doses présurantes par les temps de coagulation sont d'autant plus faibles que ces derniers sont plus longs. Quand on atteint des températures très élevées (70° à 100°), un nouveau facteur entre en jeu : la destruction progressive du ferment par la température, qui vient en quelque sorte régulariser la marche du phénomène et le soumettre à la loi de constance du produit du temps par la masse agissante.

Si, au contraire, on opère sur du lait cru, on remarque, dès l'abord, que seules réussissent bien les coagulations rapides. Celles-ci dérogent d'ailleurs constamment à la loi de Segelcke et Storch et dans le même sens que pour le lait bouilli. Tous ces faits ressortent très nettement, d'ailleurs, de

(1) C. Gerber, *La loi de proportionnalité inverse et les présures végétales aux températures élevées.* (*Réunion biologique de Marseille*, séance du 15 décembre 1908.)

l'examen du Tableau suivant :

Doses de présure ajoutées à 5cm³ de lait.	Durée de la coagulation aux températures et avec les solutions présurantes suivantes : 5° $\frac{P}{1}$.		10° $\frac{P}{1,50}$.	20° $\frac{P}{4,20}$.	30° $\frac{P}{7,50}$.	40° $\frac{P}{15}$.		50° $\frac{P}{30}$.	60° $\frac{P}{60}$.	70° $\frac{P}{110}$.
cm³	Pr.	m s	m s	m s	m s	Pr.	m s	m s	m s	m s
0,64...	21,38	33.25	51.40	9.10	5	4,16	3.15	6	5.30	1.45
0,32...	28,05	87.40	157	16.25	9.35	3,68	5.45	16.05	17.40	3.15
0,16...	73,60	460	(1)	32.05	18.45	3,33	10.25	(1)	(1)	12.45
0,08...		(1)	»	84	108	5,73	34.35	»	»	(1)
0,04...		»	»	(1)	(1)	34,40	430	»	»	»
0,02...		»	»	»	»		(1)	»	»	»

Nous avons été frappé par les irrégularités si marquées que présentent les chiffres des séries de ce Tableau, quand on les compare entre elles. Nous avons pensé trouver l'explication de ces anomalies en remarquant que les diverses expériences n'avaient pas été faites aux mêmes heures de la journée et que les dérogations à la loi de proportionnalité étaient d'autant plus accentuées que ces expériences étaient faites plus tardivement. Nous nous sommes demandé s'il ne fallait pas tenir compte du temps qui s'était écoulé entre le moment de la traite du lait et celui de son emprésurement.

Aussi, après nous être astreint à recueillir le lait du pis de la vache avec les plus grands soins de propreté, avons-nous cherché les relations que pouvait présenter la marche de sa coagulation à 40° avec la durée de son séjour à une température constante de 5°. Pour la précision de ces expériences, le lait, aussitôt trait, était réparti en des ballons stérilisés, dont chacun était utilisé pour une seule série.

Dose de papayotine au $\frac{1}{20}$ ajoutée à 5cm³ de lait.	Température de chauffe préalable du lait cru. 5° puis, 30 minutes avant l'expérience. 5°.	60°.	78°.	60°.	67°.	72°.	78°.	100°.
	Temps nécessaire à la coagulation : 1 heure après la traite (2).							
cm³	m s			m s	m s	m s	m s	m s
1,44....	3.10	»	»	2.55	3	3	3.15	3.10
0,36....	6.45	»	»	6.50	6.55	6.50	7.05	7
0,12....	24.20	»	»	23.40	27.05	14.25	12.45	13.30
0,04....	310	»	»	295	350	127	30.30	30.15

(1) Pas de coagulation au bout de 600 minutes.

(2) Le lait cru expérimenté 15 minutes après la traite a donné les chiffres suivants : 3 minutes; 6 minutes 30; 13 minutes; 29 minutes.

Dose de papayotine au $\frac{1}{10}$ ajoutée à 5cm³ de lait.	Température de chauffe préalable du lait cru. 5° puis, 30 minutes avant l'expérience. 5°.	60°.	78°.	60°.	67°.	72°.	78°.	100°.
4 heures après la traite.								
cm³	m s			m	m s	m s	m s	m s
1,44....	7.30	»	»	7	7.25	6.25	2.50	2.45
0,36....	89	»	»	90	102	68	6.40	6.40
0,12....	(1)	»	»	(1)	(1)	(1)	14.10	14,30
0,04....	»	»	»	»	»	»	40.10	39.20
8 heures après la traite.								
cm³	m s	m s	m s	m s	m s	m s	m s	m s
1,44....	7.20	7.10	3	7.05	6.55	6.50	3.10	3
0,36....	86	75	6.50	93	100	70.15	7.15	7.05
0,12....	(1)	(1)	15.30	(1)	(1)	(1)	15.45	15.30
0,04....	»	»	43.30	»	»	»	44.30	43

Ainsi que le montre la colonne 2 du Tableau précédent, nos prévisions ont été parfaitement justifiées. Le lait, au sortir du pis de la vache, se comporte d'une manière assez normale à l'égard de la papayotine, donnant des coagulations longues presque aussi facilement que le lait bouilli. Plus on s'éloigne du moment de la traite, plus la résistance du lait à la présure augmente; au bout de 4 heures, on ne peut plus obtenir que les rapides caséifications dont nous avons parlé plus haut; à partir de ce moment, le lait conserve le degré de résistance qu'il a acquis.

De nouvelles expériences faites avec du lait, soit violemment agité pour rompre les enveloppes des globules gras, soit additionné de 10 molécules-milligrammes de HCl (redissolution du phosphate de chaux), de $CaCl^2$ (compensation de la chaux précipitée à la longue), de NaCl (augmentation du taux de minéralisation), nous ont donné sensiblement les mêmes résultats que précédemment. Il ne reste donc guère à incriminer que les colloïdes lactalbumine et lactoglobuline, comme cause de l'augmentation de résistance du lait cru. C'est pourquoi nous avons recommencé ces expériences sur du lait chauffé, immédiatement après la traite, pendant 30 minutes aux températures de 67°, 72°, 78°, 100°.

Parmi ces laits ainsi chauffés, puis placés à 5°, seuls les deux premiers se comportent comme le lait cru. Quant au lait chauffé à 78° il conserve, tout comme le lait bouilli, une sensibilité assez constante vis-à-vis de l'agent présurant.

(2) Pas de coagulation au bout de 360 minutes.

D'autre part, le lait cru non chauffé qui, au bout de 8 heures, était devenu beaucoup plus résistant à la présure qu'au moment de la traite, ne perd complètement cette résistance que si on le chauffe à 75°-78°.

On comprend facilement combien ces faits, rapprochés de ceux que nous avons signalés autrefois pour la présure du Figuier, éclairent les relations étroites qui existent entre la lactalbumine, la lactoglobuline et les antiprésures du lait cru. D'ailleurs ils se vérifient également avec les présures animales sur lesquelles nous nous proposons de revenir ultérieurement.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur quelques propriétés nouvelles des oxydases de* Russula Delica. Note de M. **J. Wolff**, présentée par M. Roux.

L'influence favorable ou défavorable que peut exercer dans les actions diastasiques la réaction du milieu est une notion déjà ancienne dans l'histoire des diastases ; elle a été bien mise en évidence par les travaux de Kjeldahl (1), Fernbach (2), Maquenne et Roux (3), Bertrand (4). J'ai apporté moi-même ma contribution à cette étude par ma collaboration avec M. Fernbach (5). D'autre part, j'ai publié antérieurement le résumé d'expériences relatives au rôle que peuvent jouer certains sels à réaction faiblement alcaline, associés au ferrocyanure de fer colloïdal dans l'oxydation de l'hydroquinone. Je me suis assuré depuis qu'on peut étendre cette action à d'autres composés phénoliques et que ce phénomène a toutes les apparences d'une action diastasique dans laquelle un sel facilement hydrolisable comme le phosphate disodique jouerait le rôle de substance activante ou de co-enzyme, d'une manière analogue au sel de manganèse dans l'action de la laccase (G. Bertrand), aux phosphates dans l'action de la zymase (Harden et Young, Buchner).

Cette considération m'a conduit à examiner, au point de vue de leur réaction, quelques macérations d'oxydases et particulièrement les extraits glycérinés de *Russula Delica* que MM. Gessard et Berthelot ont bien voulu mettre à ma disposition. J'ai pu constater que ces extraits ont, vis-à-vis de

---

(1) *Medd. f. Carlsberg Labor.*, 1879, p. 148.

(2) A. Fernbach, *Recherches sur la sucrase* (*Ann. de l'Institut Pasteur*, 1889 et 1890); *Recherches sur la saccharification de l'amidon par l'amylase du malt* (*Ann. Brass. et Distil.*, 1899, p. 433). — Fernbach et Hubert, *Comptes rendus*, t. CXXXI, p. 293.

(3) Maquenne et Eug. Roux, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. IX, p. 199.

(4) G. Bertrand, *Influence des acides sur l'action de la laccase* (*Comptes rendus*, t. CXLV, p. 340).

(5) A. Fernbach et J. Wolff, *Étude sur la saccharification diastasique des empois de fécule* (*Comptes rendus*, t. CXLV, p. 261).

la tyrosine et d'un grand nombre de réactifs nouveaux des oxydases, leur maximum d'activité pour une réaction voisine de la neutralité à la phtaléine (*contrairement à ce qui a lieu pour l'amylase du malt dont l'optimum coïncide avec la neutralité à l'orangé*).

Lorsqu'on s'éloigne de cette neutralité, soit dans un sens, soit dans l'autre, par addition d'alcali ou d'acide sulfurique, certaines réactions ne se font plus que *très difficilement*, surtout dans le cas d'addition d'acide. Pour apprécier la réaction de ces extraits, je me suis servi de divers réactifs colorés, parmi lesquels l'alizarine sulfoconjuguée m'a permis tout d'abord de constater une propriété nouvelle des oxydases de *Russula Delica*, celle d'oxyder très facilement cette matière colorante lorsque la réaction de la liqueur est très voisine de la neutralité à la phtaléine. Cette propriété s'exerce aussi vis-à-vis d'un grand nombre d'autres matières colorantes, parmi lesquelles je citerai divers dérivés solubles d'alizarine, la cochenille, l'hématoxyline, le bleu de quinoline, l'orangé I Poirrier et un grand nombre de matières colorantes présentes dans les fleurs (œillets rouges, violettes, iris, giroflées). *L'orangé II Poirrier* (*isomère de l'orangé I Poirrier*), la fuchsine et ses dérivés, l'hélianthine ne sont pas oxydés. Quelques-unes de ces oxydations peuvent également être obtenues avec la laccase de l'arbre à laque ([1]) qui oxyde avec la même facilité que l'extrait de Russule l'hématoxyline et le bleu de quinoline; mais il y a d'autres substances que la laccase de l'arbre à laque oxyde plus difficilement, comme l'orangé I, par exemple, et l'orcine et d'autres qu'elle oxyde à peine, ou pas du tout : telles sont les combinaisons solubles de l'alizarine, la cochenille et les matières colorantes des fleurs.

Une expérience curieuse consiste à diviser en deux portions égales une solution de cochenille décolorée par l'oxydase et à faire bouillir l'une qui, de ce fait, reprend sa couleur primitive. L'addition à froid dans les deux portions d'une solution neutre d'acétate d'urane détermine dans la cochenille régénérée la formation d'une belle laque verte. Le même réactif ne produit rien avec la portion non régénérée. On peut expliquer cette régénération de la cochenille oxydée par la présence probable d'un corps réducteur dans la macération de Russule. Toutes mes solutions colorées soumises dans le vide à l'influence de la macération oxydante sont restées intactes jusqu'à ce jour, c'est-à-dire depuis trois semaines. Les témoins préparés en même temps se sont décolorés en quelques minutes à l'air. Une ébullition de 2 à 3 minutes est suffisante pour rendre la macération inactive.

([1]) La comparaison entre l'action de la laccase de l'arbre à laque et celle de l'extrait de Russule a été faite avec des solutions équivalentes au point de vue de leur activité vis-à-vis de l'hydroquinone, du gaïacol et du pyrogallol.

Il m'est difficile actuellement de savoir s'il faut interpréter les différences observées entre l'extrait de Russule et la laccase de l'arbre à laque par l'existence, dans la Russule, d'une oxydase particulière. Peut-être faut-il admettre que la laccase est incapable de produire plusieurs des oxydations indiquées, parce qu'elle est exempte du co-enzyme ou de la substance activante nécessaire. Si ce co-enzyme existe dans l'extrait de Russule, il ne résiste pas à l'ébullition, car de l'extrait bouilli ne communique pas à la laccase de l'arbre à laque la propriété de produire les oxydations dont elle est incapable toute seule. Je me suis d'ailleurs assuré que l'extrait de Russule chauffé à 65° n'oxyde plus la tyrosine (Bertrand), mais conserve les propriétés indiquées plus haut, ce qui exclut l'intervention de la tyrosinase.

Toutes proportions gardées, les différences observées sont peut-être du même ordre que celles que l'on constate entre l'amylase de l'orge et celle du malt dans les phénomènes de saccharification diastasique de l'amidon ([1]).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les propriétés colloïdales de l'amidon, en rapport avec sa constitution chimique*. Note de M. **Eugène Fouard**, présentée par M. E. Roux.

Les présentes recherches ont eu pour but d'étudier la solubilité réversible de l'amidon colloïdal sous l'influence des alcalis ou de la chaleur. J'ai d'abord suivi l'action de ces divers agents sur la substance en solution parfaite, obtenue, ainsi que je l'ai antérieurement décrit ([2]), par filtration du colloïde à travers une membrane de collodion.

I. Lorsqu'on ajoute à divers échantillons d'un tel filtrat, contenant 22g,48 d'amidon par litre, des doses titrées croissantes d'une solution de potasse pure, on observe une variation de pouvoir rotatoire spécifique, qui décèle une modification continue de l'amidon. Le Tableau suivant contient l'évaluation de cette grandeur physique (mesurée à 18°) correspondant à l'alcalinité de chaque solution active, évaluée en millièmes de molécule-gramme par litre :

Alcalinités	0	18,8	41	104	272	552	1392	2792	6540
Pouvoirs rotatoires (α_D)	191°,5	188°,3	180°,6	174°,1	163°,8	159°,0	151°,5	148°,1	145°,6

([1]) J. Wolff, *Comptes rendus*, t. CXLIV, 1907, p. 1368. — Fernbach et Wolff, *Comptes rendus*, t. CXLV, 1907, p. 80.

([2]) *Comptes rendus*, t. CXLVI, p. 285.

Chacune de ces valeurs est constante pour la même alcalinité; elle reste fixe avec le temps; elle ne dépend ainsi que de la concentration en alcali, et décroît en même temps que celle-ci s'élève. De plus, elle est immédiatement atteinte, ce qui prouve que la transformation est instantanée. Enfin, le changement subi par l'amidon dans sa dissolution n'est nullement définitif : il est réversible, comme le révèle un retour de la solution, préalablement alcalinisée, à sa rotation polarimétrique initiale, quand on la neutralise exactement par un acide.

Les variations précédentes peuvent être exprimées par la courbe hyperbolique ci-dessous (*fig.* 1) obtenue en prenant pour abscisses les doses de potasse et pour ordonnées les pouvoirs rotatoires spécifiques correspondants :

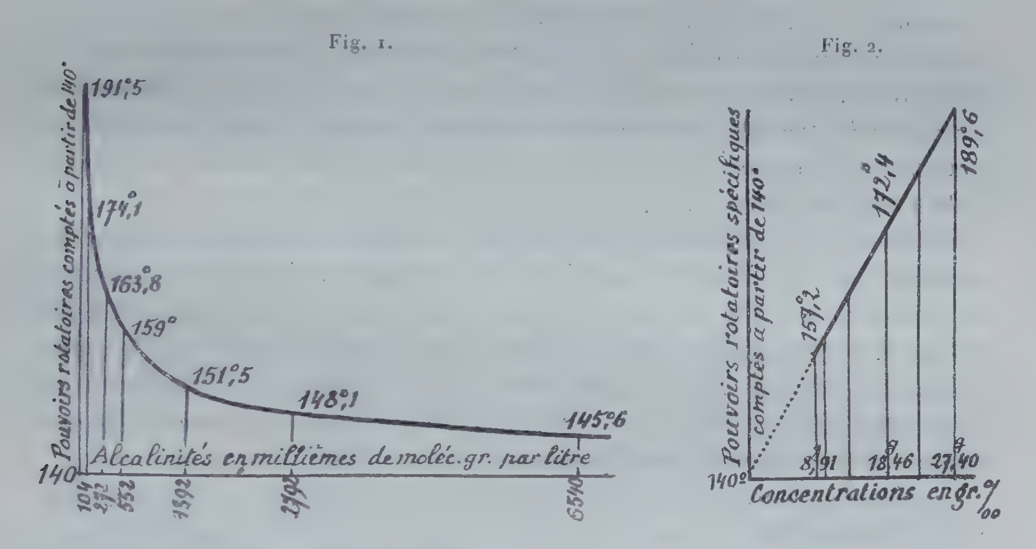


Fig. 1.

Fig. 2.

On constate ainsi que l'influence de traces d'alcali est énorme vers l'origine, près de la neutralité; l'abaissement de (α_D) devient insensible dans le sens des doses massives de potasse, et les pouvoirs rotatoires successifs tendent vers un minimum voisin de 141° quand l'alcalinité s'accroît indéfiniment; or, cette valeur limite, obtenue en prolongeant la courbe, a une signification intéressante : c'est, à très peu près, le *pouvoir rotatoire spécifique du maltose* en dissolution aqueuse extrêmement étendue (140°,4 suivant Meissl).

II. La même limite apparaît encore dans l'étude de l'action unique de la chaleur sur l'amidon dissous : des fraction distinctes d'une même pseudo-solution neutre, amenées à des degrés variables de leur gélification spontanée, sont soumises séparément à une filtration sur membranes d'un même collodion type. Afin d'observer l'action de la chaleur sur les divers filtrats

ainsi préparés, après avoir mesuré leurs rotations polarimétriques à 18°, on les évapore au bain d'eau bouillante, puis à l'étuve à 100°, jusqu'à poids constant : on obtient ainsi les concentrations suivantes en amidon dissous, d'autant plus petites que le milieu d'origine était plus gélifié, et à chacune d'elles correspond un pouvoir rotatoire spécifique :

Concentrations en grammes par litre. .	27g,40	22g,67	18g,46	13g,59	10g,31	8g,91
Pouvoirs rotatoires (α_D)	189°,6	182°,5	172°,4	165°,2	159°,6	157°,2

On observe que les points figuratifs de ces deux suites variables (*fig.* 2) sont sur une même droite ayant approximativement pour ordonnée d'origine la valeur ($\alpha_D = 141°$), constante du maltose pur; il faut remarquer en outre que les extraits successifs obtenus dans ces essais ne donnent que les réactions de l'amidon, reprenant en présence de l'eau la forme colloïdale à gélification réversible.

III. Les deux expériences précédentes conduisent donc à un même but par deux voies différentes : l'action de la potasse, visiblement dissolvante sur l'amidon en grains naturels, en empois, en milieu colloïdal [1] se poursuit sur les divers agrégats moléculaires que j'ai déjà caractérisés [2], dans la solution parfaite de cette substance; cette division s'accomplit d'une façon continue, de telle sorte qu'à l'extrême limite la matière dissoute aurait le pouvoir rotatoire du maltose.

L'action de l'eau, que j'ai déjà définie comme dissolvante par l'effet d'une hydrolyse réversible [2], se précise nettement sur la solution parfaite à 100° : on sait que le pouvoir rotatoire d'une substance dissoute est le rapport d'une rotation polarimétrique à son taux pour 100; puisque ce rapport s'abaisse de 189°,6 à 157°,2 dans les solutions d'amidon extraites du même colloïde à des degrés croissants de sa gélification, c'est que, pour la même rotation, le poids de produit actif augmente; le dissolvant, l'eau, est donc fixé graduellement par la matière soluble, augmentant progressivement son poids, entrant de plus en plus dans sa constitution. A l'extrême limite de la gélification, l'amidon qui reste dissous en proportion infiniment petite, fixant à 100° une proportion d'eau maxima, présenterait, après la dessiccation, le pouvoir rotatoire du maltose.

---

(1) *Comptes rendus,* t. CXLIV, p. 501.
(2) *Comptes rendus,* t. CXLVI, p. 978.

IV. Ces faits conduisent à représenter la composition et la structure colloïdale de l'amidon d'après le plan suivant : la dissolution, par la potasse ou par l'eau, dépend d'une hydrolyse réversible, dans laquelle la particule, colloïdale ou dissoute, est graduellement divisée en éléments plus simples, jusqu'à l'unité, la maltose. *L'amidon, espèce chimique unique*, comme je l'ai démontré ([1]), *est donc simplement le produit de condensation, de degré variable et indéterminé, du maltose, véritable noyau moléculaire de cet hydrate de carbone.* Cette condensation réversible se poursuit par élimination d'une ou plusieurs molécules d'eau entre 2^{mol} de maltose, libres ou déjà associées; elle prend dans son cours l'état colloïdal, de forme variable, jusqu'à la gélification spontanée. D'autre part, les changements d'états physiques du colloïde, considérés jusqu'ici comme uniquement tributaires d'actions de surface (tension superficielle, différence de potentiel, modification chimique d'un revêtement minéral), dans lesquelles aucun rôle n'est attribué à la substance même du colloïde, sont en réalité sous la dépendance essentielle de ses variations chimiques et sont liées, par conséquent, à sa constitution.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les maltases du maïs.* Note de M. R. **Huerre**, présentée par M. L. Maquenne.

J'ai montré récemment ([2]) que les maltases des maïs *blanc* et *jaune* hâtifs des Landes ont des propriétés très différentes, qui permettent de les opposer l'une à l'autre sous les noms de *maltase basse*, agissant à partir de 0°, et de *maltase haute*, n'agissant qu'au-dessus de 20°.

J'ai reconnu depuis que les maltases des autres variétés de maïs se rapprochent de ces deux types extrêmes, sans pourtant leur être identiques. Les expériences ont porté sur les sortes dites *Rouge gros, King Philipp, Cuczo rouge et blanc* et *Auxonne*; elles ont été effectuées de la manière déjà décrite, avec des macérations à 10 pour 100 de graines non germées, broyées au moulin.

Seul de ces dernières espèces, le maïs *Auxonne* contient une maltase haute; l'extrait correspondant n'hydrolyse pas le maltose, au-dessous de 20°, après un contact de 18 heures.

([1]) *Comptes rendus*, t. CXLVII, p. 813.
([2]) *Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 300.

Les autres renferment des maltases basses, agissant très bien sur le maltose vers 15°, avec de simples différences dans la vitesse d'hydrolyse. Ces maltases basses n'ont d'ailleurs pas le même optimum que celle du *blanc des Landes*.

Nous avons étudié plus particulièrement le *Cuczo rouge* et le *King Philipp*.

1° *Cuczo rouge*. — *Limite inférieure d'activité :* voisine de 0°. *Limite supérieure :* fonctionne encore à 65°, n'agit plus à 70°. *Optimum :* voisin de 60° et sans doute un peu inférieur à cette température; les proportions centésimales de maltose hydrolysé pendant le même temps ont été trouvées égales à 20 pour 52°, 24 pour 55°, 30 pour 58° et 28 pour 60°.

Cette maltase tient donc à la fois de la maltase basse du maïs *blanc des Landes*, puisqu'elle agit aux environs de 0° et est détruite vers 68°, et de la maltase du *jaune des Landes*, par son optimum voisin de 60°. L'étendue thermique de son activité est sensiblement plus grande que celle des maltases des maïs des Landes (68° au lieu de 60°), mais on constate une chute très brusque de cette activité dès que la température optima est atteinte.

L'étude du *Cuczo blanc* nous a donné des résultats du même ordre.

2° *King Philipp*. — *Minimum :* à 5° légère hydrolyse du maltose ajouté à l'extrait; rien à 0°, même en prolongeant l'expérience pendant 72 heures. *Maximum :* agit encore à 56°, n'agit plus à 62° en 6 heures. *Optimum :* agit mieux à 40° qu'à 35° et mieux à 46° qu'à 40°. Maltose hydrolysé pour 100 du sucre ajouté : 19 à 44°, 24 à 47°, 22 à 51° et 8 à 56°.

L'optimum cherché est ainsi proche de 50°, les limites d'activité sont 4° et 60° environ. Comme pour le *Cuczo* on observe une destruction rapide de cette diastase aussitôt que la température dépasse de quelques degrés celle de l'optimum.

A quoi maintenant peuvent tenir ces dissemblances remarquables? *A priori* il est assez naturel de les rapporter à l'intervention des substances étrangères, variables en quantité et en qualité, qui accompagnent l'enzyme dans les extraits de maïs; mais on peut aussi supposer qu'il existe toute une famille de maltases dont les différents termes se distinguent par des caractères de second ordre. C'est cette dernière hypothèse qui, d'après nos recherches, nous semble la plus vraisemblable.

Dans l'espoir de purifier nos produits, nous avons d'abord essayé d'en précipiter le principe actif par l'alcool; on sait que Geduld a pu ainsi isoler une *glucase* du maïs. En appliquant cette méthode aux extraits des maïs *blanc des Landes* et *Cuczo rouge* nous avons obtenu des précipités qui, repris par l'eau, étaient en vérité capables encore d'hydrolyser le maltose, mais avec une telle lenteur que toute mesure précise a été impossible; l'enzyme est altéré par son contact avec l'alcool.

Nous avons alors recherché si l'on peut modifier les limites d'action des

maltases hautes et basses en ajoutant aux extraits qui les renferment des substances reconnues atténuantes ou favorisantes, comme les acides, les bases ou les composés aminés. Les résultats, comme on va le voir, sont restés négatifs.

Les extraits de semences de tous les maïs étudiés ont une réaction franchement alcaline à l'hélianthine. Cette réaction est légèrement variable dans son intensité quand on passe d'une espèce à une autre, mais elle n'a aucun rapport avec les caractères spécifiques de la maltase haute ou basse qui s'y trouve : c'est ainsi que les deux extraits des maïs *jaune* et *blanc* des Landes ont exactement la même alcalinité à l'hélianthine.

De plus, les maltases hautes et basses conservent leur optimum et continuent d'agir respectivement au-dessus de 20° ou dès 0° en milieu rendu plus ou moins alcalin par addition de quelques gouttes de potasse ou d'acide sulfurique décinormal ou en milieu légèrement acide (*blanc hâtif* des Landes, *jaune hâtif*, *Cuczo* et *Auxonne*).

L'addition d'asparagine n'a pas davantage d'influence (*blanc* des Landes et *King Philipp*); enfin, il ne semble pas que ces modifications apportées artificiellement au milieu changent la limite supérieure des températures auxquelles ces différents enzymes cessent d'agir. Toutes ces conditions thermiques sont, pour chaque maltase étudiée, autant de caractères fixes.

De tous ces résultats nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

1° L'étude des maltases fournies par différentes espèces de maïs confirme et justifie leur division, déjà proposée par nous, en maltases hautes et maltases basses.

2° L'optimum et les températures limites d'activité de ces deux groupes de diastases sont indépendants de la réaction du milieu, tant que celle-ci n'arrête pas l'hydrolyse, et de la présence d'un aminoacide tel que l'asparagine. On doit donc leur attribuer la valeur de véritables propriétés caractéristiques, ayant leur origine dans la nature même de la maltase, supposée variable, ou, si on la suppose fixe, dans la présence d'un co-enzyme encore inconnu.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Digestion des mannanes et des galactanes.* Note de **MM. H. Bierry** et **J. Giaja**, présentée par M. Dastre.

Il y a un grand intérêt, en raison des applications alimentaires possibles, à savoir si les mannanes et les galactanes sont transformées par les sucs

digestifs de l'homme et des animaux. Jusqu'ici on n'a pu mettre en évidence chez les Mammifères de diastases capables d'hydrolyser ces substances. Contrairement aux assertions de Sawamura (1), M. et Mme Gatin (2) ne sont pas parvenus à faire digérer les mannanes du caroubier et du salep par les ferments solubles extraits de l'intestin et du pancréas du bœuf et du porc. Nous avons eu également, en employant les mannanes et les galactanes de la graine de luzerne, des résultats négatifs avec le lapin et le chien (3), et Saïki (4) a montré qu'un grand nombre de préparations alimentaires utilisées au Japon et contenant des mannanes résistent à l'action de la salive et des sucs pancréatique et intestinal.

Cette question, qui paraît être tranchée en ce qui concerne les animaux supérieurs, a été soulevée à propos des animaux inférieurs par Biedermann et Moritz (5). Ces auteurs ont avancé que le suc digestif de l'Escargot (*Helix pomatia*) hydrolyse les celluloses et hémi-celluloses. Leurs recherches sont surtout histo-chimiques; elles ont été faites avec des produits complexes et mal définis chimiquement. La plupart du temps ils se contentent de constater, au microscope, dans des coupes de végétaux divers (asperge, radis, betterave, albumens de graines, etc.), une dissolution plus ou moins complète des membranes cellulaires sous l'influence du suc digestif de l'Escargot. Nous avons cru utile de reprendre cette question dans des conditions bien déterminées et en expérimentant avec divers animaux.

Nous avons fait agir le suc gastro-intestinal (recueilli avec les plus grands soins de pureté) de Mollusques et de Crustacés sur les mannanes et galactanes extraites de la graine de luzerne (*Medicago sativa* L.) et de la graine de fenugrec (*Trigonella Fœnum-Græcum*) et sur les mannanes extraites des graines de *Phytelephas macrocarpa* R. et P. (corrozo) et de *Phœnix dactylifera* L., substances qui ont été étudiées encore récemment au point de vue chimique par MM. Bourquelot et Hérissey (6) et par M. Gatin (7).

Nous avons extrait de la graine de luzerne la manno-galactane (galactine) en suivant les indications de Müntz (8) qui l'a découverte; la manno-galactane de fenugrec a été

---

(1) Sawamura, *Bull. of the college of Agriculture Tokyo*, t. V, n° 2, sept. 1902.
(2) M. et Mme Gatin, *C. R. Soc. biol.*, mai 1905; *Bull. Sc. pharmacologiques*, août 1907.
(3) Bierry et Giaja, *C. R. Soc. Biol.*, juin 1906.
(4) Saïki, *The Journal of biological Chemistry*, octobre 1906, p. 251.
(5) Biedermann et Moritz, *Pflüger's Archiv*, t. LXXIII, 1898.
(6) Bourquelot et Hérissey, *Journal Pharm. et Chim.*, 6e série, t. XI, 1900, p. 589.
(7) Gatin, *Thèse doctorat ès sciences*, Paris, 1906.
(8) Müntz, *Sur la galactine* (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 5e série, 1882).

préparée de la même façon. Les albumens de *Phytelephas macrocarpa* ont été employés très finement pulvérisés; pour le corrozo nous n'avons utilisé que la partie épuisée par l'eau chaude. Ce résidu, insoluble dans l'eau, est d'après Gatin composé en grande partie de mannanes, puisqu'on peut en extraire une quantité de mannose égale à 61,7 pour 100 du poids de l'albumen.

Nous faisions constamment trois parts des sucs digestifs recueillis par sondage, pour les Crustacés et par isolement du tube digestif chez les Mollusques. La première était additionnée de mannogalactane ou de mannane; la seconde, préalablement bouillie, était également additionnée de mannogalactane ou de mannane; la troisième, mise avec de l'eau distillée, était destinée à éviter les erreurs possibles dues aux apports et aux transformations des sucs digestifs eux-mêmes. Les digestions auxquelles nous ajoutions des antiseptiques divers (chloroforme, thymol, toluol) étaient mises à l'étuve à 37° ou à la température ordinaire du laboratoire. Les liquides étaient traités après un certain temps par l'alcool, concentrés dans le vide et déféqués par le nitrate mercurique. Nous obtenions ainsi des liquides limpides dans lesquels nous dosions le sucre formé (méthode de G. Bertrand) et où nous recherchions le mannose au moyen de l'acétate de phénylhydrazine. Après 10 heures de contact la mannose-hydrazone était essorée sur un filtre, lavée à l'eau, l'alcool et l'éther, desséchée dans le vide, pesée, ensuite caractérisée par son point de fusion, 218°-220° (fusion instantanée au bloc Maquenne) et sa transformation en phénylglucosazone au bain-marie à 100° en présence de phénylhydrazine (point de fusion de la glucosazone, 230°-231°). Toutes les fois que la quantité d'hydrazone le permettait nous avons régénéré le mannose cristallisé par la méthode d'Herzfeld [1].

La galactose a été caractérisée par son osazone ou par l'acide mucique. Le liquide clair, débarrassé par filtration de mannose-hydrazone et porté au bain-marie bouillant, donne une osazone insoluble dans l'eau bouillante, l'acétone étendue de son volume d'eau, très peu soluble dans l'alcool méthylique, et fondant au bloc Maquenne vers 212°-214° et que nous avons toujours pu identifier avec la galactosazone obtenue avec le galactose pur.

Les sucs digestifs de Mollusques et de Crustacés ont une action plus ou moins marquée sur les mannanes et les galactanes.

I. *Mollusques.* — Le suc gastro-intestinal d'*Helix aspersa* L., d'*Helix nemoralis* L. et surtout d'*Helix pomatia* L., s'est montré très actif sur toutes les mannanes et les galactanes que nous avons mises en son contact.

Voici à titre d'exemple une expérience faite avec le suc d'*Helix pomatia* et les différentes mannanes et galactanes. Après 5 jours de contact à l'étuve à 37°, avec thymol et toluol comme antiseptiques, les liquides de digestion ont été analysés avec les précautions indiquées plus haut. On détermine, par le pouvoir réducteur et par la pesée de la mannose-hydrazone, les quantités respectives de mannose et de galactose.

---

(1) Herzfeld, *Ber. d. d. chem. Gesell.*, t. XXVIII, 1895, p. 442.

			Mannose.	Galactose.
Suc gastro-intestinal d'*Helix pomatia* L.	5^{cm^3}			
Eau	80^{cm^3}		0	0
Mannane (corrozo)	$2^g,50$	}		
Suc	5^{cm^3}	}	0,52	0
Eau	80^{cm^3}	}		
Le même, bouilli			0	0
Manno-galactane (luzerne)	$2^g,50$	}		
Suc	5^{cm^3}	}	0,40	0,43
Eau	80^{cm^3}	}		
Le même, bouilli			0	0
Manno-galactane (fenugrec)	$2^g,50$	}		
Suc	5^{cm^3}	}	0,34	0,38
Eau	80^{cm^3}	}		
Le même, bouilli			0	0
Albumen de dattier	2^g	}		
Suc	4^{cm^3}	}	0,92	0
Eau	60^{cm^3}	}		

Ce pouvoir digestif du suc d'Escargot disparaît après 20 minutes de chauffage à 70°.

II. *Crustacés.* — Il y a une différence marquée entre l'action digestive du suc gastro-intestinal de l'Écrevisse et celle du suc gastro-intestinal des Crustacés marins. Le suc d'Écrevisse (*Astacus fluviatilis* Rondel.) hydrolyse facilement les mannanes de corrozo, il attaque beaucoup plus difficilement les galactanes et surtout les mannanes de luzerne et de fenugrec. Le suc digestif d'*Homarus vulgaris* Bel., de *Maja squinado* Rondel., que nous avons eu en grande quantité au laboratoire de Roscoff, hydrolyse même à la température du laboratoire les mannanes du corrozo, mais reste sans action envers les mannanes et les galactanes de luzerne et de fenugrec.

Les sucs digestifs de *Carcinus mœnas* L. et de *Platycarcinus pagurus* L. n'agissent ni sur les mannanes de corrozo, ni sur les manno-galactanes de luzerne et de fenugrec.

L'agar-agar a résisté à tous les sucs digestifs.

BOTANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur une moisissure du tannage à l'huile, le* Monascus purpureus. Note de M. **André Piedallu.**

On sait que, pendant l'opération du chamoisage, les huiles qui servent à tanner les peaux subissent des transformations diverses. Nous nous sommes

proposé d'étudier ces transformations et leurs causes. Nous avons isolé dans des peaux en préparation différents microbes (*C. R. Soc. Biol.*, t. LXV, p. 7 et 114) : bactéries, levure, moisissures. Au nombre de ces dernières se trouve un Ascomycète, le *Monascus purpureus* Went, dont l'action sur l'huile est remarquable.

Le *Monascus purpureus* a été découvert par Went dans l'Ang-Quac, substance importée de Chine et utilisée à Java pour colorer en rouge diverses substances alimentaires.

Plusieurs auteurs ont étudié les *Monascus :* van Tieghem, qui créa le genre; Barker, Olive, Ikeno, Kuyper, Dangeard; ils se sont attachés surtout à la morphologie de ces curieux champignons. Nous avons pu isoler celui qui fait l'objet de cette Note de la peau en huile et des fonds de bidons d'huile dite *du Japon*, extraite du *Clupanodon melanosticta*.

En culture pure, il se présente (à la température optima de 30°) :

Sur gélose peptone 1 *pour* 100, *glycérine* 1 *pour* 100, en taches circulaires formant des cercles concentriques d'un feutrage léger d'abord blanc de neige qui devient rose le plus souvent et qui, sous diverses influences, passe au rouge (acidité du milieu, symbiose avec certains bacilles, etc.). En dehors de la tache en surface le mycelium s'enfonce dans le substratum, y prenant une forme hémisphérique, limitant une calotte dont le point culminant correspond au centre de la culture.

Sur riz cuit, il donne en 2 jours de petites taches roses qui s'élargissent et prennent une teinte *pourpre foncé*. Après 15 à 20 jours, le riz est complètement rouge pourpre dans toute sa surface en contact avec l'air, les parties collées au verre sont orangé pourpre, mais deviennent pourpres à la longue, dès que le dessèchement a décollé la masse du riz.

Sur amandes mondées, culture rouge en 2 jours.

Sur pomme de terre, cultures roses au bout de 2 ou 3 jours.

Sur carotte, culture rouge pourpre recouverte d'un feutrage fleur de pêcher.

Sur artichaut, culture rose, le substratum verdit (oxydase).

Sur bouillon de carotte, en 2 ou 3 jours, voile blanc de neige qui se plisse et prend généralement une teinte fleur de pêcher.

Sur lait, en tubes, culture abondante; dès le second jour, taches rouge vif dans la crème.

Nous avons ensuite, sur les conseils du Dr P. Achalme, directeur du laboratoire colonial du Muséum, essayé l'action de ce *Monascus* sur les corps gras en milieu solide et en milieu liquide.

1° *Milieu solide* (en fiole de Roux). — Au centre de cultures circulaires blanc légèrement rosé, de 4 jours, sur milieu gélose peptone 1 pour 100, glycérine 1 pour 100, nous avons placé des gouttes de différentes huiles : olive, noyau, sézame, arachide, coton, œillette, amandes douces, palme, ricin, noix, lin, colza, pieds de

mouton, pieds de bœuf, foie de morue, foie de roussette, poisson, Japon, baleine, crème de lait; en nous servant de pipettes ou mieux d'un fil de platine formant anneau à l'extrémité. Dès le lendemain nous pûmes constater un rougissement presque général des taches avec réaction acide des huiles primitivement neutres. Au bout de 2 jours les taches d'huile furent envahies par le mycélium, toutes se garnirent de points rouge pourpre sauf les huiles de foie de morue, de roussette, du Japon, de poisson, de baleine, qui prirent une teinte crémeuse jaune orangé brun clair. Au bout de 10 jours toutes les taches furent garnies d'un mycélium rouge pourpre foncé, sauf celles que nous venons de citer qui devinrent un peu plus jaune brun, et l'huile d'œillette qui resta plus jaunâtre.

De l'huile de Japon, mise en masse sur les mêmes cultures dans les mêmes conditions, est devenue jaune orangé brun et, en certains points, brune; elle a pris une réaction très nettement acide et s'est épaissie.

Milieux liquides. — En prenant pour base un liquide contenant : *sulfate d'ammonium* 1g, *phosphate de potassium* 0g,02, *sulfate de magnésium* 0g,04, *eau de Seine* 100g, nous avons cultivé le *Monascus* en variant l'élément hydrocarboné.

Liq. + *amidon* 1 pour 100. — Culture blanche d'abord chétive, puis abondante, pas de réduction de la liqueur cupropotassique par le liquide clair, qui donne encore les réactions de l'amidon après 1 mois.

Liq. + *glucose* 1 pour 100. — Culture abondante blanc sale.

Liq. + *saccharose* 1 pour 100. — Culture blanche d'abord chétive, puis abondante, hydrolyse le saccharose, réduction de la liqueur cupropotassique.

Liq. + *glycérine* 1 pour 100. — Culture blanche très chétive, nombreuses formes de résistance, assez abondante après 15 à 20 jours, réaction acide.

Liq. + *oléate de potassium* 1 *pour* 100 *ou de sodium* 1 *pour* 100. — Culture abondante gris brunâtre clair; il est bon de neutraliser ces liquides (si le milieu est acide, la culture a des tendances à rougir).

Nous avons ensuite cultivé le *Monascus* dans le même liquide, ajoutant simplement différentes huiles en surface.

Pour amorcer la culture, il est bon de ne mettre au début que très peu d'huile très largement étalée.

Nous stérilisons préalablement du liquide dans une fiole de Roux, puis ajoutons, avec une pipette stérilisée, de l'huile stérilisée.

Nous avons opéré avec :

Liq. + *huile de baleine.* — Culture abondante en 2 jours, les taches d'huile sont opacifiées, petit à petit le mycélium gagne les bords des taches, qui se relèvent, se plissent, et forment des boursouflures qui se couvrent d'un feutrage blanc crème. Légèrement rosé sur fond orangé clair.

Lorsque la culture est en bonne voie, nous ajoutons une plus grande quantité d'huile.

Le liquide sous-jacent contient bientôt une forme de culture semblable à celle observée en liquide glycériné.

L'huile et le liquide sous-jacent sont nettement acides, l'huile est épaissie et d'une coloration plus foncée, le liquide est devenu jaune brun clair.

Liq. + *huile du Japon.* — Même aspect, même réaction.

Liq. + *huile de foie de Morue.* — Culture moins abondante, le liquide est coloré

en jaune brun et le mycélium nageant dans ce liquide est fortement coloré en brun, il semble végéter péniblement, mêmes réactions.

Liq. + huile d'olive. — Même aspect que sur huile de baleine, culture très abondante, liquide légèrement jaune.

Liq. + huile de coton. — Culture plus orangée, liquide légèrement jaune.

En résumé, ce Champignon acidifie les huiles, les épaissit et les colore en brun plus ou moins foncé; il sécrète une oxydase (coloration verte de l'artichaut et bleue de la teinture de gaïac). Nous pouvons donc penser, avec juste raison, qu'il joue un rôle dans le chamoisage, puisque les huiles expurgées des cuirs chamoisés sont brunies, acidifiées et épaissies.

AGRONOMIE. — *Composition et emplois de la pulpe de défibrage du Henequen.* Note de MM. **A. Hebert** et **F. Heim**, présentée par M. Müntz.

La culture du *Sisal* ou *Henequen* (*Agave rigida* Mill., var. *Sisalana* Perrine), Agave qui fournit la fibre textile communément désignée sous les mêmes vocables, a fait la rapide fortune de Yucatan; elle se propage activement dans diverses régions tropicales. L'extension de cette culture, l'impulsion qu'on s'efforce actuellement de lui imprimer au Soudan français, donnent un intérêt tout particulier à l'étude des questions relatives à l'exploitation de ce textile.

Les feuilles charnues du Sisal, traitées en vert par des défibreuses, fournissent la fibre textile et un sous-produit de déchet, dit *pulpe de défibrage*, constitué par l'épiderme et l'ensemble des éléments vasculaires et parachymateux de la feuille. L'abondance de cette pulpe, sous-produit encombrant et jusqu'ici sans valeur, rend fort importante pour les producteurs de Sisal la question de ses usages possibles, industriels ou agricoles.

D'autre part, la non-restitution au sol des principes fertilisants contenus dans la pulpe semble être, à priori, de nature à appauvrir notablement le sol.

Les analyses et essais que nous avons effectués sur des matériaux d'études reçus du Yucatan nous permettent de formuler quelques conclusions sur l'utilisation la plus avantageuse de la pulpe de défibrage du Sisal.

Cette pulpe, après dessiccation à l'air et au soleil, peut être facilement calcinée en tas; les cendres (12 de cendres pour 100 de pulpe) fourniraient un engrais à teneur très faible en acide phosphorique (1,3 pour 100), à teneur en potasse de moitié inférieure à celle de la kaïnite (10 pour 100), riche en chaux (29, 4 pour 100).

La pulpe sèche renferme 6,29 pour 100 de sucres réducteurs, 4,65 pour 100 de sucres non réducteurs, au total 10,94 pour 100 de sucres fermentescibles, théoriquement transformables en alcool, dès le moment où l'on serait en possession de l'agent de fermentation bien adapté à ce moût spécial. Le traitement, par la distillerie, de la pulpe, en vue de l'obtention d'un alcool d'industrie, semble pouvoir mériter d'être tenté. Mais la majeure partie, sinon la totalité de la pulpe, semble devoir être utilisée comme fumure dans la plantation même.

La récolte de 100^{kg} de feuilles fraîches prive le sol des quantités suivantes de matières minérales :

	kg
Acide phosphorique	0,24
Chaux	1,14
Potasse	0,62
Azote	0,16

L'appauvrissement du sol apparaît comme inévitable dans le cas d'une exploitation comportant la sortie hors de la plantation des feuilles qui y sont récoltées sans restitution des principes fertilisants qu'elles contiennent.

Une partie notable de ces principes, surtout des matières azotées, se trouve contenue dans la pulpe, une faible partie seulement dans les fibres.

	Fibres sèches pour 100.	Pulpe sèche pour 100.
Matières minérales	8,02	12,11
Acide phosphorique	0,41	0,16
Chaux	1,94	3,57
Potasse	1,06	1,22
Azote total	1,78	3,79

Il est donc indiqué de reporter sur le sol de la plantation la totalité de la pulpe isolée au cours de la défibration des feuilles fraîches (27^{kg},7 de pulpe sèche par 100^{kg} de feuilles traitées en vert) et de compenser, d'autre part, la perte définitive en principes fertilisants, due à l'exportation des fibres, par la restitution au sol desdits principes, en quantités équivalentes à celles contenues dans les fibres, principes empruntés soit à la pulpe seule du Henequen (ce qui ne permettrait naturellement la fumure que d'une partie seulement de la plantation), soit à un mélange de pulpe et d'engrais additionnels : fumier, engrais chimiques; soit à des engrais seuls.

Des essais culturaux institués au Yucatan, d'après les chiffres fournis par l'étude ci-dessus résumée, fixeront l'orientation pratique de la restitution aux plantations de Henequen des principes qui leur sont jusqu'ici soustraits, chaque année, par la récolte des feuilles.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Comparaison entre les débuts du développement d'une plante vivace et ceux d'une plante annuelle.* Note de M. G. ANDRÉ, présentée par M. A. Gautier.

J'ai montré (*Comptes rendus*, t. CXLVII, 1908, p. 1485) quelques-unes des particularités remarquables que présente, dans la première année de sa végétation, l'évolution d'une plante vivace au point de vue de la distribution des matières salines, comparée à celle d'une plante annuelle.

L'acide phosphorique, notamment, existe toujours dans la racine sous des poids élevés pendant la première et la deuxième année de la végétation du noyer et dans la première année de celle du marronnier d'Inde : cette teneur élevée est comparable à la teneur en acide phosphorique de la graine elle-même. L'acide phosphorique existe en quelque sorte en réserve dans les organes de la plante.

I. On rencontre une accumulation analogue pour la potasse. Les proportions de cet alcali contenues dans la racine du noyer et du marronnier sont considérables et traduisent bien le rôle d'organe de réserve que joue cette racine. On ne trouve une semblable quantité de potasse que dans les racines très jeunes des plantes annuelles. La racine de 1 pied sec contient les quantités suivantes de potasse :

		Année 1906.			Année 1907.	
		31 juillet.	15 septemb.	6 octobre.	10 juillet.	17 octobre.
Noyer	Poids absolu de K^2O	0g,0405	0g,1485	0g,1594	0g,2429	0g,9035
	Pour 100 parties de K^2O de la plante totale	28,2	46,9	47,9	27,0	43,6
	Poids moyen de 1 pied sec	7g,84	22g,35	32g,66	58g,30	196g,24

			Année 1905.			
			30 mai.	4 juillet.	11 août.	25 septembre.
Marronnier	Poids absolu de K^2O	"	0g,0154	0g,0600	0g,1422	0g,1450
	Pour 100 parties de K^2O de la plante totale	"	19,6	32,4	39,2	49,7
	Poids moyen de 1 pied sec	"	3g,78	12g,97	27g,79	25g,68

En totalisant la potasse contenue dans la racine et dans la tige de 1 pied sec, on obtient les résultats suivants, aux mêmes dates que précédemment :

Noyer	Poids absolu de K^2O	0g,0616	0g,1674	0g,1786	0g,5296	1g,3501
	Pour 100 parties de K^2O de la plante totale	42,8	52,9	53,6	58,8	65,2
Marronnier	Poids absolu de K^2O	"	0g,0401	0g,1104	0g,2160	0g,1902 (1)
	Pour 100 parties de K^2O de la plante totale	"	51,0	59,7	59,5	65,3

On retrouve donc pour la potasse ce que j'ai signalé dans ma Note précédente pour l'acide phosphorique.

II. L'épuisement progressif des substances renfermées dans les cotylédons du marronnier est intéressante à suivre au fur et à mesure des progrès de la croissance de la plante qui en provient : j'ai montré, il y a quelques années (*Comptes rendus*, t. CXXXIII, 1901, p. 1011), de quelle manière la plantule se nourrit aux dépens de ses cotylédons dans le cas d'une plante annuelle (Haricot d'Espagne). Chez celle-ci, au bout de 18 jours de germination dans un bon sol, alors que le poids de la plantule seule avait atteint à peu près celui de la graine initiale, la perte en matière sèche des cotylédons s'élevait à 78 pour 100.

Les pertes en acide phosphorique, potasse, azote total, pour 100 parties de ces substances contenues dans la graine initiale, s'élevaient respectivement à 87, 81 et 85.

On retrouve des faits du même ordre chez le Marronnier d'Inde. La graine de cette plante, semée au milieu de février, et dont le poids moyen de matière sèche était, pour une graine, de 11g,28, a fourni, le 4 juillet, une plante (moyenne) dont l'ensemble pesait 12g,97. La perte de matière sèche des cotylédons, qu'il était encore très facile de retirer du sol à cette époque, s'élevait à 73,7 pour 100. Les pertes en acide phosphorique, potasse, azote total atteignaient respectivement 81,2; 72,8 et 82,3 pour 100 du poids de ces substances contenues dans la graine initiale. Ces chiffres sont assez voisins de ceux qu'a fournis le Haricot d'Espagne.

Ainsi, pour une période comparable de l'existence de ces deux plantes, qui correspond à l'époque où la plantule seule a atteint le poids de la graine initiale, les pertes en matière sèche, acide phosphorique, potasse, azote total des cotylédons sont très voisines dans les deux cas. Il semble donc que, dans

---

(1) Ce nombre est plus faible que celui qui le précède. Cela provient de ce fait que les plantes avaient perdu, à la fin du mois de septembre, un certain nombre de feuilles. La potasse contenue dans celles-ci n'a pu, par conséquent, émigrer vers la tige.

les deux plantes examinées ici, l'une annuelle, l'autre vivace, les éléments minéraux et les éléments azotés contenus dans les cotylédons concourent, avec des vitesses variables, mais dans les mêmes proportions relatives, à l'édification de poids de matière vivante qui diffèrent peu d'une plante à l'autre. Chez le haricot, plante annuelle à végétation rapide, la plantule atteint le poids de sa graine 18 jours après l'ensemencement; chez le marronnier, il a fallu 4 mois et demi pour que ce poids fût atteint.

Entre le 4 juillet et le 11 août, les cotylédons du marronnier se sont encore épuisés, mais d'une manière peu notable, puisque les pertes en acide phosphorique, potasse, azote total ont été respectivement de 85,7; 77,7; 84,2 pour 100 parties de ces mêmes substances contenues dans la graine initiale. Ces derniers chiffres diffèrent peu de ceux qui ont été obtenus dans les analyses des plantes prélevées le 4 juillet.

En résumé, les cotylédons d'une plante vivace paraissent fournir à la plantule qui en est issue des poids de matière minérale et d'azote comparables à ceux que les cotylédons de la plante annuelle mettent à la disposition de celle-ci, à la rapidité près.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur une variété de fer organique végétal.* Note de MM. **P.-J. Tarbouriech** et **P. Saget**, présentée par M. A. Haller.

Le *Rumex obtusifolius* est, ainsi que l'un de nous l'a démontré (1), le végétal le plus riche en fer de tous ceux analysés jusqu'à ce jour; la racine sèche en contient 0,447 pour 100. Les recherches microchimiques permettent de se rendre compte que le métal n'est pas immédiatement décelable par les réactifs ordinaires des sels de fer, qu'il est donc contenu dans le végétal à l'état de combinaison masquée, et des recherches chimiques directes ont montré que ce composé est de nature organique.

L'étude de cette combinaison organo-ferrique est des plus laborieuses à cause des difficultés qu'on éprouve à l'isoler à l'état de pureté. Nous avons cependant réussi à établir quelques points de son histoire par l'observation des faits suivants :

Quand on met en contact avec des solutions alcalines diluées (soude ou ammoniaque à 1 pour 100) (2) la poudre de racine de *Rumex obtusifolius*, il ne passe en solution que des quantités infimes de fer, même si le contact est prolongé pendant plusieurs

(1) P. Saget, *Thèse doct. pharm.* Univ. de Montpellier, 1903.

(2) Ces liquides sont de bons dissolvants d'un certain nombre de composés organiques ferrugineux.

semaines. Cette même poudre, mise en macération avec une solution aqueuse d'acide chlorhydrique à 1 pour 100, lui cède une quantité de fer un peu plus considérable, mais toujours hors de proportion avec la masse de métal contenue dans la poudre mise en expérience. Si au contraire on emploie comme dissolvant de l'alcool à 95° contenant 1 pour 100 d'acide chlorhydrique, le fer se dissout dans ce liquide en quantité considérable et l'on peut l'en reprécipiter à l'état de combinaison organique, soit en additionnant la solution alcoolique d'une grande quantité d'eau, soit en la neutralisant par addition d'ammoniaque.

Ces faits étant connus, nous extrayons le composé organo-ferrique du *Rumex obtusifolius* de la manière suivante :

La poudre de racine est mise à digérer pendant plusieurs jours avec de l'alcool à 95°, et épuisée complètement par ce dissolvant à froid; on sèche soigneusement la poudre ainsi traitée pour la débarrasser de toute trace d'alcool et on l'épuise ensuite à la température ordinaire avec de l'eau chlorhydrique à 1 pour 100; on entraîne ainsi une faible quantité de fer et surtout des sels terreux, en particulier de l'oxalate de chaux. Quand l'action de ce dissolvant est terminée on lixivie la poudre de *Rumex* avec de l'alcool à 95° contenant 1 pour 100 d'acide chlorhydrique, aussi longtemps que le liquide se colore en brun d'une manière notable. La liqueur est ensuite exactement neutralisée par addition d'ammoniaque, ce qui détermine la formation d'un volumineux précipité qui est recueilli, lavé à l'eau et séché. Le produit est finalement épuisé par l'éther qui entraîne une certaine quantité de chlorophylle et, après dessiccation, il constitue une masse d'écailles noires, brillantes et dures. Il brûle avec incandescence en dégageant l'odeur spéciale des matières azotées et laissant un résidu de couleur ocre qui donne abondamment les réactions des sels de fer. On y caractérise aussi aisément la chaux et l'acide phosphorique; ces cendres se dissolvent facilement dans l'acide azotique.

Tous les essais tentés pour amener cette substance à l'état cristallisé ont été infructueux; elle est notamment insoluble dans les dissolvants organiques : éther, acétone, chloroforme, éther acétique, etc. L'alcool chlorhydrique, qui paraît être le seul véhicule qui la dissolve facilement sans l'altérer, ne l'abandonne par évaporation qu'à l'état amorphe. Les alcalis étendus la dissolve lentement et très incomplètement, et ces solutions acidulées par l'acide acétique ou l'acide chlorhydrique ne donnent que lentement la coloration bleu de Prusse avec le ferrocyanure de potassium.

L'analyse du produit obtenu par précipitation de sa solution chlorhydrique à 1 pour 100 a donné les résultats suivants ([1]) :

Carbone	43,27
Hydrogène	6,44
Azote	4,08
Phosphore	1,72
Fer	6,36
Cendres	9,91
Oxygène (par différence)	36,30

([1]) Ces nombres représentent la moyenne de plusieurs analyses.

Cette composition élémentaire interdit toute interprétation qui envisagerait la nature protéique du produit; sa solubilité dans l'alcool chlorhydrique montre d'ailleurs que ce corps n'appartient pas au groupe des nucléines dont un des caractères principaux est, d'après Bunge, d'être insoluble dans ce dissolvant.

D'autre part, si l'on tente d'hydrolyser le composé organo-ferrique par l'acide chlorhydrique à 1 pour 100, à l'ébullition on ne réussit qu'à mettre en liberté une partie du fer, une autre partie restant encore combinée avec la matière organique.

Avec l'acide chlorhydrique à 10 pour 100, on dissocie profondément la molécule métallo-organique, et le liquide débarrassé du fer et alcalinisé réduit abondamment la liqueur cupro-potassique, ce qui met en évidence la présence d'hydrates de carbone dans la molécule de ce composé.

Ce dernier caractère, joint à la composition élémentaire du produit, nous permet de penser que le composé organo-ferrique du *Rumex obtusifolius* présente d'étroites analogies avec les dérivés ferriques des *nucléones* de Siegfried, si largement distribués dans le corps des animaux, dans les muscles et le lait. Ces nucléones étant généralement considérées comme les agents chargés de transporter dans l'économie le fer, l'acide phosphorique et la chaux, on penserait trouver dans ce rapprochement l'explication des résultats thérapeutiques vraiment surprenants qui ont été obtenus dans l'administration, par la voie digestive, de la poudre de *Rumex*.

Ces recherches seront continuées.

ANATOMIE HUMAINE. — *A propos de l'anatomie du thymus humain.* Note de MM. **Henri Rieffel** et **Jacques Le Mée**, présentée par M. E. Perrier.

Nous demandons à l'Académie la permission de répondre aux critiques formulées par M. Cruchet (séance du 1er février 1909) au sujet de notre Communication :

1° M. Cruchet admet qu'assez fréquemment les deux lobes thymiques sont réunis par un pont de substance glandulaire; nous avons soutenu au contraire que ces deux lobes thymiques sont aisément séparables.

2° M. Cruchet décrit un rapport constant du lobe gauche avec l'œsophage et le récurrent; nous n'avons rencontré cette disposition que d'une manière inconstante, à savoir 11 fois sur 34 dissections, et encore s'agissait-il d'un prolongement lobaire.

3° M. Cruchet, adoptant l'opinion de M. Testu, croit que la substance glandulaire ne remonte jamais jusqu'au corps thyroïde. Or, nous avons constaté cette contiguïté non seulement par l'intermédiaire de lobules glandulaires, mais par la corne supérieure elle-même.

4° M. Cruchet décrit les rapports respectifs des deux lobes du thymus, mais il ne parle nullement de leur situation par rapport aux espaces intercostaux que nous nous sommes appliqués à déterminer, ce qui nous a paru avoir un certain intérêt.

Il soutient qu'il est excessivement rare que la substance glandulaire descende jusqu'au diaphragme et qu'il s'agit là de tractus fibreux de fixation.

En cela, il reprend l'opinion de Piedecoq (1894), et c'est pourquoi nous avons cité seulement ce dernier auteur.

Nous n'avons, pas plus que M. Cruchet ne pourrait l'avoir, la prétention d'avoir découvert les rapports des phréniques avec le thymus déjà figurés par Luscka en 1863. Notre intérêt a été uniquement de préciser les rapports pratiques du phrénique gauche que nous opposions à ceux du phrénique droit (passé sous silence par M. Cruchet), et cela au point de vue pathologique et opératoire; la déduction qui se dégage naturellement de notre exposé est que, dans l'exothymopénie, on entraîne le phrénique gauche, tandis qu'on laisse en place le phrénique droit.

Il nous reste peut-être le mérite d'avoir mentionné les rapports du nerf cardiaque inférieur.

6° Nous avons bien spécifié que nos recherches sur la vascularisation du thymus étaient actuellement en cours et nous n'avons jusqu'à présent publié aucune autre remarque en dehors de la signification de l'artère thyroïdienne de Neubauer, qu'il est impossible de confondre avec les vaisseaux dont parle M. Cruchet.

Nous pouvons dire dès à present que nous nous réservons de discuter la valeur du paquet vasculo-nerveux dont M. Cruchet revendique la priorité de découverte et dont la description manque de précision. Depuis longtemps, en effet, Theile a décrit une branche artérielle très grêle qui accompagne le nerf phrénique et vient se perdre sur le diaphragme, de même qu'il cite des cas de duplicité de l'artère diaphragmatique à droite comme à gauche. Enfin Baur (1818) a décrit un ramuscule nerveux plus fréquent à droite qu'à gauche qui se détache du prénique dès son entrée dans la poitrine pour se porter en bas et en dedans vers la face antérieure du péricarde, et Valentin (1843) mentionne nettement le ramuscule thymique du phrénique.

Nous estimons donc, après ces explications, que les différents paragraphes de notre Note du 11 janvier 1909 restent entiers et acquis.

HISTOLOGIE. — *Structure histologique de la spermathèque des Blattes* (Periplaneta orientalis *L.*). Note de M. **L. Bordas**, présentée par M. Edmond Perrier.

Le réceptacle séminal (*spermathèque*) des Blattes est composé de deux tubes de dimensions très inégales. Le plus volumineux, cylindrique à son

origine et dans sa partie médiane, se termine par une extrémité renflée en massue, arrondie ou brusquement tronquée. Sa cavité renferme de nombreux faisceaux de spermatozoïdes. Les deux parties de l'organe présentent à peu près la même structure histologique. Leurs parois comprennent les couches successives suivantes : une mince *membrane péritonéale* ou recouvrante externe; une *couche musculaire*, formée surtout de fibres longitudinales, mais contenant aussi des fibres obliques et quelques fibres circulaires; une *membrane basale*, très ténue; un *épithélium sécréteur*, comprenant de hautes cellules pourvues d'un canalicule efférent et d'une vésicule excrétrice intracellulaires; une *assise épithéliale chitinogène* interne et, enfin, une *intima chitineuse* servant de paroi au lumen du canal.

L'organe tout entier est recouvert extérieurement par une mince enveloppe, la *membrane péritonéale*, qui se présente sous la forme d'une bordure hyaline, pourvue, de distance en distance, de petits noyaux aplatis. Sous cette dernière, se trouve l'*assise musculaire*, formant autour de la spermathèque une couche contractile. Elle est constituée par deux ou trois strates de fibres striées, à direction longitudinale dans la région moyenne du tube, et qui deviennent, vers les extrémités, obliques et parfois même circulaires. De nombreux tubes trachéens s'insinuent entre les faisceaux de la musculature et parviennent même à atteindre les éléments épithéliaux sous-jacents.

A l'intérieur de la couche musculaire se trouve placée une *membrane basilaire*, très ténue, sur laquelle reposent directement les éléments cellulaires. Vient ensuite la *couche épithéliale* externe, formée par de hautes cellules cylindriques ou cunéiformes, élargies extérieurement et amincies du côté interne. Chaque élément contient un gros noyau, un protoplasme parfois finement granuleux, mais présentant, dans beaucoup de cas et suivant les régions, de larges vacuoles et des striations.

Chaque cellule est également pourvue d'un fin canalicule efférent qui traverse l'intima chitineuse interne et va déboucher dans le lumen central du conduit. Les canalicules se terminent par une vésicule excrétrice intracellulaire, ovale et allongée, parfois sphérique et située dans le voisinage du noyau. Le protoplasme se condense généralement autour de la vésicule en un massif sombre et strié. Les parois latérales des diverses cellules sont peu apparentes, indistinctes et se confondent avec les trabécules cytoplasmiques.

L'ensemble de l'épithélium externe peut donc être considéré comme résultant de l'agglomération d'une multitude de glandules monocellulaires, autonomes, indépendantes les unes des autres et munies chacune d'une vésicule excrétrice et d'un filament canaliculé intra-épithéliaux. La présence

de pareils canalicules intracellulaires est assez fréquente dans le système glandulaire des animaux : elle a été signalée, par plusieurs entomologistes, chez certains Insectes et Crustacés. On peut même, par une préparation spéciale suivie de dissociation, débarrasser le réceptacle séminal de sa gaine de cellules : on obtient alors un tube chitineux, hérissé d'une multitude de fins filaments, dont l'ensemble présente l'apparence d'une brosse à bouteille.

L'*épithélium chitinogène,* ou revêtement cellulaire interne du canal de la spermathèque, n'est que la continuation de l'assise hypodermique située au-dessous du tégument corné du corps. Il est constitué par des cellules allongées et pourvues de noyaux ovales, localisés dans la région externe.

Enfin, vient ensuite l'*intima chitineuse,* de teinte jaune foncée, à structure lamelleuse et à faces parallèles; son bord interne porte de fines denticulations. Elle sert de paroi à la cavité de la spermathèque qui contient de nombreux faisceaux de spermatozoïdes.

PHYSIOLOGIE. — *Dangers du chloroforme. Incoagulabilité du sang et nécrose du foie consécutives à l'anesthésie chloroformique.* Note de M. **Doyon**, présentée par M. Dastre.

I. J'ai démontré, en 1905, les faits suivants :

a. Le chloroforme détermine parallèlement : l'incoagulabilité du sang, la disparition du fibrinogène du plasma, la nécrose du foie.

b. L'incoagulabilité du sang et la disparition du fibrinogène du plasma ne se produisent dans l'intoxication chloroformique que si le foie est nécrosé; l'action du chloroforme sur le sang est donc indirecte.

Mes expériences ont été faites sur le chien. Le chloroforme était mêlé à de l'huile, puis introduit, deux ou trois jours de suite, à la dose de 1^{g} à 2^{g} par kilogramme d'animal, dans l'estomac.

II. J'ai constaté dans un cas, chez le chien, l'incoagulabilité du sang et la nécrose du foie, à la suite de l'administration, pendant 35 minutes, de chloroforme par inhalation.

Expérience : Chien de taille moyenne, âgé de 8 à 10 ans, paraissant en très bonne santé, remarquablement turbulent. Anesthésie chloroformique d'une durée de 35 minutes. Trois échantillons de sang de 20^{g} chaque environ sont prélevés le premier jour : le premier immédiatement avant l'anesthésie, le second immédiatement après, le troi-

sième 2 heures après la cessation de l'anesthésie. On prélève de nouveau plusieurs échantillons de sang le lendemain. Le sang recueilli à ce moment n'a jamais coagulé; il ne contenait plus que des traces de fibrine. Le chien est mort 28 heures après l'anesthésie. Le *foie* était jaune et présentait à l'examen microscopique de la *nécrose coagulante* généralisée et très accusée. Les reins présentaient de la sclérose dans les substances corticale et médullaire. Les urines contenaient de l'albumine et des quantités considérables d'urobiline; réaction de Gmelin nette, mais peu accentuée.

Il est probable que l'existence de lésions rénales anciennes explique la gravité des accidents postanesthésiques observés chez ce chien. Dans d'autres expériences consignées sur le Tableau annexé à cette Note, j'ai constaté le lendemain de l'anesthésie une augmentation de la fibrine du sang, augmentation due, ainsi que j'ai pu le vérifier, aux prises successives de sang. Toutefois il faut être prévenu qu'une anesthésie chloroformique relativement courte expose à l'ictère grave un sujet en apparence absolument sain. A mon avis, bien des accidents observés par les chirurgiens s'expliquent par l'action élective du chloroforme sur le foie et les effets indirects de ce poison sur le sang.

		Chiens en expérience. 1.	2.	3.
Durée de l'anesthésie (minutes)		35	45	45
Fibrine (grammes) pour 1000g de sang	Avant l'anesthésie	2,3	2,8	1,3
	Immédiatement après	2,3	2,8	1,3
	2 heures 30 minutes après	2,3	2,8	1,3
	Le lendemain soir	0,3	3,5	»
	Le surlendemain matin	»	»	2,1
Temps nécessaire (minutes) à la prise en masse.	Avant l'anesthésie	10 à 15	4	8 à 9
	Immédiatement après	35	»	11
	2 heures 30 minutes après	5	15	4 à 5
	Le lendemain soir	incoagulable	5	»
	Le surlendemain matin	»	»	13

HYGIÈNE. — *Sur la stérilisation de l'eau potable au moyen de la lampe en quartz à vapeurs de mercure.* Note de MM. **Jules Courmont** et **Th. Nogier**, présentée par M. Guignard.

Les vapeurs de mercure deviennent lumineuses dans un tube où existe le vide, sous l'influence du passage d'un courant électrique (Arons, 1892). Elles conservent cette luminescence tant que le courant passe. Cooper-

Hewitt (1895), Villard, Debierne, Konrad Hahn ont construit des lampes basées sur ce principe.

Küch (1905) montre qu'en remplaçant le tube de verre par un tube de quartz, la lumière émise est extrêmement riche en rayons de petite longueur d'onde. Kromayer a construit une lampe en quartz pour des usages thérapeutiques. La lampe de Kromayer émet une lumière très riche en rayons ultra-violets (Fabry, Buisson, F. Vaillant, Küch et Retchinsky). La richesse en rayons ultra-violets croît avec l'intensité du courant.

Th. Nogier et Thévenot (1908) ont constaté le pouvoir bactéricide de la lampe de Kromayer (cultures sur gélose).

Nous avons cherché à utiliser ce pouvoir bactéricide pour la stérilisation de l'eau potable.

Nous avons d'abord employé la lampe de Kromayer (4 ampères, 135 volts). Nous avons constaté un pouvoir bactéricide intense dans l'eau à $0^{m},30$ de la lampe.

Nous avons alors fait construire un tonneau métallique de 115^{l}, ayant $0^{m},60$ de diamètre, au centre duquel est suspendue, par ses électrodes, une lampe en quartz à vapeurs de mercure, d'une longueur de $0^{m},30$, fonctionnant sous 9 ampères (135 volts). Deux pivots permettent d'incliner le tonneau pour allumer la lampe. Les parois du tonneau sont donc à $0^{m},30$ de la lampe.

De très nombreuses expériences nous ont montré que la stérilisation de l'eau est complète (microbes ordinaires de l'eau, colibacille, bacille d'Eberth) au bout de 1 à 2 minutes, même lorsque l'échantillon est extrêmement pollué, naturellement ou artificiellement. Une minute suffit presque toujours.

L'eau doit être limpide.

L'échauffement ne dépasse pas quelques dixièmes de degré.

Cette eau n'est nocive ni pour les plantes, ni pour les animaux.

Notre tonneau d'expérience ne nous donne certainement pas le maximum de rendement, la distance de $0^{m},30$ ayant été calculée sur une lampe de Kromayer consommant 4 ampères, alors que notre lampe fonctionne sous 9 ampères.

Nous pensons que l'emploi de la lampe en quartz, à vapeurs de mercure, peut entrer dans la pratique industrielle de la stérilisation des eaux potables (claires). Il suffira de disposer des lampes, soit dans un réservoir, soit dans le tuyau d'arrivée, à la distance convenable, de façon que l'eau soit éclairée pendant 1 à 2 minutes.

La durée des lampes est théoriquement indéfinie. La surveillance sera facile par la simple constatation de la luminosité.

MÉDECINE. — *Des mesures en d'Arsonvalisation*. Note de M. **E. Doumer**, présentée par M. d'Arsonval.

Pour mesurer les champs magnétiques oscillants qu'on utilise en d'Arsonvalisation, je me sers d'une boucle métallique, de surface S connue, placée dans le champ à mesurer perpendiculairement à la direction des lignes de forces magnétiques. Cette boucle est reliée à un ampèremètre thermique approprié, de façon à former circuit complet avec lui. L'ampèremètre est placé extérieurement au champ. Si l'on représente par r la résistance réelle du système ainsi constitué et par L sa self, l'intensité du courant induit par le champ est

$$(1) \qquad i_{\text{eff.}} = \frac{\omega \mathrm{H}}{\sqrt{r^2 + \omega^2 \mathrm{L}^2}}.$$

Cette intensité est fonction du produit ωH, c'est-à-dire *du nombre d'unités de champ magnétique qui traversent cette boucle, dans un sens ou dans l'autre, pendant* 1 *seconde*.

J'appelle *pouvoir électromoteur* du champ cette grandeur rapportée à l'unité de surface

$$\frac{\omega \mathrm{H}}{\mathrm{S}} = \omega h;$$

c'est elle qui m'a servi à définir les champs magnétiques oscillants que j'ai employés dans mes recherches de clinique et de physiologie.

J'avais d'abord proposé de l'exprimer en *gauss* ou du moins, plus exactement, par le nombre de *gauss* qui traversent chaque centimètre carré de la section droite de la cage, soit dans un sens, soit dans l'autre, pendant la durée de 1 seconde. On m'a fait remarquer qu'une pareille dénomination pourrait créer une confusion. Pour éviter cette confusion et pour éviter aussi l'emploi d'une longue périphrase, j'adopterai à l'avenir comme unité de champ magnétique oscillant le *champ qui induit dans une boucle de* 1^{dm^2} *une force électromotrice de* 1 *volt;* pour un pareil champ, ωh est évidemment égal à 1000000 de *gauss*. J'appellerai cette unité *l'unité médicale pratique de champ magnétique oscillant* et je la désignerai par le symbole U. M. P.

Cette unité a le double avantage de se rapprocher beaucoup des champs qu'on emploie dans la pratique médicale et de pouvoir être facilement rattachée aux unités déjà adoptées pour les mesures électriques.

La mesure d'un champ en U. M. P. est facile, puisqu'elle se réduit à la

mesure d'une intensité. Le produit de cette intensité exprimée en ampères, par l'impédance du système exprimée en ohms, divisé par la surface exprimée en décimètres, donne le pouvoir électromoteur du champ exprimé en U. M. P. Le chiffre ainsi obtenu exprime aussi la force électromotrice induite par *décimètre carré*, exprimé en volts et, si on le multiplie par 1 000 000, le nombre d'unités de champ magnétique qui traversent par seconde chaque centimètre carré de la section de la cage.

Si l'on donne à l'impédance une valeur en ohms, telle que le chiffre qui l'exprime soit égal au chiffre qui exprime la surface de la boucle en *décimètres carrés*, l'ampèremètre donnera par simple lecture la valeur du pouvoir électromoteur exprimé en U. M. P.

Avec le dispositif dont je viens de parler, on peut aussi mesurer directement ω et h.

Pour mesurer h, il suffit d'augmenter la self du système dans des proportions telles que r soit négligeable devant la réactance $\omega\mathcal{L}$. La formule (1) devient alors

$$i_{\text{eff.}} = \frac{h}{\mathrm{L}};$$

pour avoir h en *gauss*, il faudra exprimer $i_{\text{eff.}}$ en U. E. M. et $\mathcal{L}$ en centimètres. La grandeur h qu'on mesure ainsi est bien entendu l'intensité moyenne du champ magnétique oscillant.

Pour mesurer ω, il suffirait théoriquement de donner à la résistance du système une valeur telle que sa réactance soit négligeable; mais en pratique ce moyen n'est guère réalisable, car il faudrait introduire des résistances tellement grandes que l'intensité serait rendue si faible qu'il serait difficile de la mesurer par l'ampèremètre employé dans cet appareillage. Il vaut mieux procéder de la façon suivante : on prend deux mesures d'intensité, l'une $i_{1\text{eff.}}$ après avoir introduit dans le circuit une résistance connue appropriée et *sans self* (¹) sans changer la self du système L; on a alors

$$i_{1\,\text{eff.}} = \frac{\omega h}{\sqrt{\mathrm{R}^2 + \omega^2 \mathrm{L}^2}};$$

l'autre, $i_{2\text{eff.}}$, après avoir introduit dans le circuit une self convenable, connue et *sans résistance* (²) sans changer la résistance r du système; on a

$$i_{2\,\text{eff.}} = \frac{\omega h}{\sqrt{r^2 + \omega^2 \mathrm{L}^2}};$$

(¹) Par *résistance sans self*, j'entends une résistance telle que sa réactance soit négligeable devant sa résistance réelle.

(²) Par *self sans résistance*, j'entends une self dont la résistance réelle soit négligeable devant sa réactance.

on a alors

$$i_{1\,\text{eff.}}\sqrt{R^2+\omega_2 L^2} = i_{2\,\text{eff.}}\sqrt{r^2+\omega^2 L^2},$$

d'où

$$\omega = \sqrt{\frac{i^2_{1\,\text{eff.}} R^2 - i^2_{2\,\text{eff.}} r^2}{i^2_{1\,\text{eff.}} \mathfrak{L}^2 - i^2_{1\,\text{eff.}} L^2}}.$$

Si par un choix convenable de la self et de la résistance additionnelle employées on a

$$i_{1\,\text{eff.}} = i_{2\,\text{eff.}},$$

la formule se simplifie et devient

$$\omega = \sqrt{\frac{R^2 - r^2}{\mathfrak{L}^2 - L^2}}.$$

MÉDECINE. — *Traitement des radiodermites par l'étincelle de haute fréquence.* Note de M. DE KEATING HART, présentée par M. d'Arsonval.

J'ai l'honneur d'appeler l'attention de l'Académie sur une application de la fulguration, c'est-à-dire de l'étincelle de haute fréquence que j'ai eu l'occasion de faire au traitement des radiodermites.

Je ne veux point parler seulement ici d'ulcérations superficielles dues à l'usage des rayons X, mais aussi des lésions les plus profondes, les plus douloureuses et les plus rebelles.

J'ai eu l'occasion de traiter un certain nombre de cas légers, en particulier sur soi-même, en projetant sur la région malade quelques étincelles de haute fréquence, d'une longueur de 3^{cm} à 4^{cm} au plus. Une prompte guérison a toujours et rapidement suivi ces applications relativement peu douloureuses et qui n'exigent pas l'anesthésie générale.

Mais les radiodermites les plus graves et les plus anciennes semblent aussi leur devoir les plus beaux succès. Lorsqu'elles sont étendues et profondes, surchargées d'escharres, il est nécessaire de déterger soigneusement les plaies, en détachant toutes les portions sphacélées ou en voie de nécrose. On fulgure ensuite plus ou moins énergiquement suivant le cas, mais sans dépasser cependant la dose de réaction, et sans chercher par conséquent à produire de la destruction cellulaire.

Aucun des cas ainsi traités par moi n'a résisté au traitement. J'ai vu des mains de radiologistes couvertes de lésions chroniques rebelles, des portions de membres dont les parties molles atteintes se détachaient des os mis à nu, cesser brusquement de faire souffrir les malades, et les pertes de sub-

stances immédiatement recouvertes de bourgeons charnus sains cicatrisant plus vite que les plaies ordinaires.

Des résultats analogues s'observent dans le traitement des plaies torpides de toute nature, par l'étincelle de haute fréquence, et j'aurai prochainement l'occasion de les faire connaître à l'Académie.

MÉDECINE. — *Les centres diaphylactiques.* Note de M. **Pierre Bonnier**, présentée par M. Yves Delage.

On doit admettre aujourd'hui que, pour se défendre contre les agents pathogènes qui l'ont pénétré, l'organisme emploie un procédé de digestion tout à fait comparable à celui qui a pour objet l'alimentation. Dans le cas de la nutrition, des éléments, fixés sur la paroi du tube digestif ou dans des diverticules glandulaires, sécrètent des sucs capables d'attaquer toutes les variétés alimentaires, les absorbent et excrètent à l'intérieur de l'organisme un fluide nourricier dont s'empare la circulation. Dans le cas de la défense organique, il n'y a pas de canalisation ni d'éléments fixés; la défense est, partout, présentée par des éléments mobiles groupés çà et là en des postes ganglionnaires. Ces éléments sécrètent des sucs capables d'attaquer toutes les variétés microbiennes, de les absorber, de les détruire et de ne laisser à la circulation que des résidus excrémentitiels non toxiques.

L'organisme sécrète l'antitoxine appropriée à telle toxine, exactement comme il sécrète le suc digestif approprié à tel aliment. Il y a dans les deux cas une offre spécifique répondant à la demande de l'élément incorporé. Cette digestion du produit dangereux, sa neutralisation, c'est-à-dire la *diaphylaxie*, est une fonction aussi ancienne que la nutrition elle-même; mais celle-ci, visiblement canalisée et distribuée, s'est de bonne heure montrée comme une fonction organisée. L'autre reste diffuse et son mécanisme, par son ubiquité même, est moins apparent.

L'antitoxine ne se produit pas plus spontanément sur place, au contact de la toxine, que le suc digestif ne se crée automatiquement au passage de l'aliment; dans les deux cas il existe une information centripète des centres nerveux, et la sécrétion est la réponse appropriée des centres compétents. Elle n'est spécifique que par cette compétence même des centres.

Ces centres diaphylactiques, centres de défense organique, ont été capitalisés par le bulbe comme les centres digestifs. Certains faits le démontrent.

1° La défense organique peut être, à droite du corps, toute différente de ce qu'elle est à gauche : le bulbe droit, par exemple, faisant faillite sans que le gauche ait faibli. Je choisis cette observation entre de nombreux cas.

Mlle B.... En 1900, entérite muco-membraneuse, douleurs *cæcales,* point pleurétique *droit;* puis une salpingite *droite* s'ouvre dans l'intestin ; douleurs intestinales *droites,* vertige et chute à *droite;* les objets semblent se déplacer *vers la droite,* bourdonnement à *droite;* en 1904, opérée d'une salpingite *droite;* en 1905, d'une *appendicite;* en 1907, bartholinite *droite;* douleurs sus-orbitaires *droites;* en 1908, tourniole à l'index *droit,* etc. Jamais aucun trouble à gauche.

2° Chez bon nombre de malades, nous voyons certains centres bulbaires se prendre l'un après l'autre ; par exemple, apparaîtront successivement la glycosurie, la polyurie, la polyphagie, la polydipsie, l'albuminurie, la sécheresse de la gorge, le vertige, l'angine de poitrine, etc. ; cet état diabétique pourra durer des années sans que le malade cesse de résister, comme un homme sain, à toute infection, réparant aussitôt la moindre brèche. Puis brusquement apparaîtront soit des gangrènes, soit des furoncles et l'anthrax, soit la tuberculose aiguë. Ces symptômes ont le même mode d'apparition que les symptômes précédents ; il s'agit de centres bulbaires faisant faillite à leur tour quand les troubles vasculaires progressifs ont fait, au niveau des centres diaphylactiques, soit de l'ischémie, soit de l'épandage urhydrique comme pour les autres noyaux bulbaires.

3° Une cautérisation minime de la muqueuse nasale, par l'intermédiaire du trijumeau, peut, entre autres noyaux bulbaires, aller réveiller certains centres diaphylactiques de leur torpeur et rétablir subitement leur équilibre fonctionnel. J'ai vu ainsi des rhinites, des otites, des bronchites, des pharyngites, des entérites, des leucorrhées disparaître en quelques jours à la suite d'une cautérisation nasale, et qui avaient souvent, pendant des années, résisté à tout traitement.

Il est vraisemblable que l'action spécifique de certains sérums a avant tout pour effet de neutraliser momentanément la sidération que la toxine produit sur les centres en question et de permettre à ceux-ci de se redresser. Il en est de même pour les sérums non spécifiques et l'action chimique est ici simplement dilutive. Quel que soit le procédé de libération des centres de défense, sérum spécifique ou non, excitation directe du bulbe par l'intermédiaire du trijumeau nasal ou de tout autre point de la périphérie, l'effet est toujours de permettre à ces centres de mobiliser les éléments sécréteurs d'antitoxine et d'activer la digestion des agents pathogènes.

PSYCHOLOGIE ANIMALE. — *Sens de l'orientation et mémoire topographique de la patelle.* Note de M. **H. Piéron**, présentée par M. E. Perrier.

On sait que la patelle (*Patella vulgata* L.) occupe sur les rochers où elle est fixée une place remarquablement constante. Et comme, d'autre part, elle déambule parfois à la recherche de sa nourriture, on a généralement admis qu'elle devait être capable de retrouver sa place un moment abandonnée.

J'ai effectué l'été dernier, au laboratoire maritime du Muséum, à l'île de Tahitou et à Royan (Charente-Inférieure), de nombreuses observations et une cinquantaine d'expériences qui m'ont permis d'élucider le problème du « sens du retour » chez la patelle, qui ne peut être étudiée avec fruit à ce point de vue que dans son habitat.

I. En premier lieu, la place occupée par une patelle est réellement fixe; cela est particulièrement net pour les individus qui sont situés sur des surfaces couvertes de Balanes (*Balanus balanoides* L.), où ils occupent des places relativement lisses, les bords de la coquille s'adaptant exactement aux sinuosités des têts de balanes qui les entourent, pendant que de jeunes balanes viennent recouvrir la coquille, dissimulant souvent la patelle quand celle-ci est au repos. Et, en second lieu, les patelles quittent bien leur place, à assez longs intervalles (plusieurs jours), pour aller brouter des algues sur les rochers, soit surtout à mer basse (rochers du Rhun), soit particulièrement à mer haute (parois rocheuses de Pontaillac), et s'en éloignent à une distance qui peut atteindre, en certains cas, 50^{cm}, les déplacements, très lents, durant en général plusieurs heures.

II. Une patelle qui revient à sa place suit au retour le même chemin qu'à l'aller; elle commence par tourner sur elle-même de 180°, et, arrivée à la région lisse qu'elle occupe habituellement, elle se retourne d'un certain angle, reprenant exactement sa place, avec une orientation identique, ce qui permet aux indentations du bord de la coquille de s'adapter exactement aux aspérités du rocher et des balanes les plus voisines.

III. Il existe chez la patelle une mémoire des mouvements effectués, en particulier par rapport à l'action de la pesanteur. En effet, si l'on retourne une patelle remontant ou descendant sur une paroi verticale ou oblique, on la voit bientôt reprendre par une rotation spontanée sa direction première. Si l'on barre sa route avec des obstacles divers, si l'on enduit par exemple le rocher de mastic, elle passe outre, traversant le mastic ou le repoussant et le grattant au passage. Enfin, si l'on transporte une patelle au delà de sa place, lorsqu'elle est près d'y arriver, elle commence par continuer son chemin comme si elle se trouvait encore en deçà.

IV. La patelle fixée sur des rochers à surface couverte d'aspérités a une mémoire

précise de la topographie détaillée de sa place. En effet, si on l'en retire, et si on la met à côté, ou à cheval sur sa place et sur les environs, elle ne tarde pas à reprendre exactement sa situation habituelle, bien que ne puisse plus intervenir la mémoire des mouvements effectués pour la quitter. Il en est de même si l'on modifie le relief de tous les environs immédiats de sa place, et en particulier si l'on établit, tout autour, une région de balanes et d'aspérités marquantes de manière à la rendre d'aspect très semblable à celui de la place de la patelle. Il en est encore de même si l'on modifie le relief de la place en question à coups de marteau. Si l'on couvre l'emplacement de mastic, de débris de coquilles, d'algues, la patelle nettoie son emplacement et reprend exactement sa situation habituelle. Si l'on change complètement le relief de la place, en respectant les environs, sauf le pourtour immédiat, la patelle se refixe à sa place, mais sans occuper exactement la même situation. Si l'on modifie complètement le relief de la place et des environs, la patelle ne retrouve plus son emplacement et se fixera à côté. Enfin la mémoire du relief est bien réelle, et les faits ne peuvent être expliqués par l'adaptation aux aspérités des indentations du bord de la coquille, car, si l'on modifie le relief du pourtour, ou si l'on brise irrégulièrement le bord de la coquille, bien que l'adaptation ne se fasse plus du tout entre la coquille et le rocher, cependant la patelle retrouve exactement sa situation habituelle (repérée avec des traits de couleur sur la coquille correspondant à des points éloignés sur le rocher).

V. La patelle montre également une mémoire des environs immédiats de sa place. Lorsqu'on l'enlève pour la mettre à des distances plus ou moins grandes de son emplacement, elle retrouve rapidement ce dernier lorsqu'elle n'en est pas éloignée de plus de 5^{cm} à 10^{cm}; au delà de 20^{cm} elle s'égare toujours; la connaissance des environs n'est pas égale dans toutes les directions, elle est plus précise dans le sens des déplacements habituels de la patelle.

VI. La patelle a également la mémoire topographique du chemin parcouru au point de vue des accidents et du relief. Lorsqu'on gratte les balanes sur son chemin de retour, qu'on change les aspérités rocheuses à coups de marteau, qu'on apporte du sable, des débris de coquilles ou qu'on enduise la roche de mastic, elle finit toujours par passer outre, mais elle s'arrête d'abord, et explore à droite et à gauche à plusieurs reprises, comme pour rechercher son chemin ; puis, après quelques oscillations, elle revient délibérément au point où elle s'était arrêtée et passe enfin. On ne peut donc invoquer pour le retour l'existence d'une piste olfactive, puisque la patelle peut revenir à sa place grâce à la mémoire musculaire. Et son arrêt ne paraît jamais dû qu'aux modifications du relief, et non à l'interruption d'une piste, car des lavages très soigneux du chemin du retour restent sans effet, et d'ailleurs le retour s'effectue même lorsque la mer est haute et qu'il ne pourrait guère alors y avoir d'influence olfactive locale.

VII. Bien que les antennes paraissent jouer un rôle extrêmement important dans l'exploration du relief, elles n'interviennent certainement pas seules, car, même après section des antennes, une patelle a pu reprendre exactement sa place ; les données tactiles pédieuses doivent donc intervenir dans la mémoire pour assurer une connaissance du relief topographique.

VIII. Enfin, une patelle déplacée, qui s'était fixée sur un nouvel emplacement, avait

adapté par usure le bord de sa coquille aux nouvelles aspérités rencontrées et avait appris à regagner cette nouvelle place lorsqu'elle se trouvait dans les environs immédiats, remise après un intervalle de 15 jours aux environs de sa place primitive, a su retrouver cet ancien emplacement et y reprendre sa situation exacte, bien que les indentations de sa coquille ne correspondissent plus aux aspérités initiales. Ce fait prouve donc une persistance notable, chez la patelle, de la mémoire topographique de sa place et de ses environs immédiats.

C'est la première fois que, chez un animal appartenant à un rang aussi peu élevé que celui des Gastéropodes, ont pu être mis en évidence des phénomènes indéniables de mémoire sensorielle, mémoire sensorielle qui est, chez la patelle, particulièrement fine, particulièrement précise, et qui paraît aussi particulièrement durable.

PALÉONTOLOGIE. — *Étude sur la répartition géologique des Bryozoaires.* Note de M. **Ferdinand Canu**, présentée par M. Henri Douvillé.

Dans la classe des Bryozoaires, les Cyclostomes et les Cheilostomes seuls laissent des traces fossiles.

Les Cyclostomes, par leur morphologie et leurs larves, sont les plus simples. Ils abondent dans les terrains primaires; ils atteignent leur apogée et leur ultime perfectionnement dans le Crétacé; ils décroissent depuis lors. Leurs *organes de respiration* sont relativement peu développés. Les Cheilostomes, au contraire, sont admirablement organisés pour cette fonction : l'aplatissement de la cellule (*zoécie*), la longueur et le nombre des tentacules, l'abondance des épines, la multiplication des pores auxquels correspondent dans la cavité viscérale des amas de leucocytes sphérulaires, les rendent particulièrement aptes à s'emparer de l'oxygène. Ils débutent à l'aurore de l'ère secondaire; leur nombre croît sans cesse; ils supplantent les Cyclostomes dès l'Éocène; ils sont actuellement en plein épanouissement spécifique et numérique. Or, l'oxygène dissous dans l'eau est en rapport avec la pression atmosphérique. L'évolution générale des Bryozoaires s'est donc opérée comme si cette pression était plus forte pendant l'ère primaire qu'elle ne l'est actuellement.

Dans chaque cellule, la rentrée et la sortie de l'animal (*Bryozoïde*) s'exécutent, le plus souvent, par le moyen d'un *système hydrostatique*. Les Cyclostomes, plus anciens, en sont dépourvus et leur ouverture, non operculée, reste sans modifications.

Dans les Cheilostomes, il s'est lentement perfectionné dans la suite des temps. Sa

forme la plus simple, l'*hypostège* (¹), est celle des premières Flustrines, peut-être apparues dès la fin des temps primaires. Les Onychocellidées, dont le cryptocyste est calcifié, apparaissent dans le Bathonien; ils ont un magnifique développement dans le Crétacé; ils s'éteignent depuis lors et il n'en reste pas dix espèces. Les Opesiulidées sont des formes perfectionnées par la présence de muscles spéciaux attachés à l'ectocyste membraneux et traversant le cryptocyste par de très petits pores ou *opésiules*. Les formes les plus simples (*Rosseliana, Rhagasostoma*) apparaissent dans le Turonien; les formes à opésiules distinctes dans le Maestrichtien; celles à zoécies dimorphes (*Micropora, Gaudryanella*) dans l'Éocène inférieur; et les formes si compliquées des *Steganoporella* dans le Miocène austral. Les Escharines, rarement munies d'hypostège, ont un système hydrostatique interne, une sorte de sac, la *compensatrice*, dont la place de la petite ouverture est la cause d'une différenciation orale très intense. Les plus simples, les Lépraliidées, apparaissent dans le Crétacé supérieur. Les Schizoporellidées, les Smittidées plus compliquées, débutent dans l'Éocène. Les Umbonulidées s'épanouissent dans le Miocène. Les formes actuelles sont aussi variées que perfectionnées (²).

Envisageons les différents organes de la colonie (*zoarium*). Soumis à la blastogenèse, les Bryozoaires en suivent la loi générale : multiplication des parties homologues (zoécies), différenciation de ces parties (1 cavité d'incubation, 2 avicellaires, 3 fibres radiciformes, 4 épines), et, plus rarement, transformation en organes nouveaux et distincts.

1. La *génésie*, simple cellule modifiée, est le type le plus élémentaire de cavité d'incubation de la larve. Elle est générale dans les Cyclostomes; quelques Diastopores bathoniens en présentent un léger perfectionnement. Celle des Éléidées, exclusivement crétacées, se rapprochent du type *Crisia* (Éocène), assez spécialisé par la présence de certains téguments internes. Les Cheilostomes eschariens à génésies (Adéonées) prédominent de beaucoup dans l'Éocène (³). Les autres sont pourvus de l'*ovicelle* normale qui résulte du bourgeonnement de deux cellules (⁴), et ils ne s'épanouissent guère qu'à partir de l'Oligocène.

(¹) Le revêtement extérieur, chitineux ou calcaire, de la cellule est l'*ectocyste*. Il est simple ou double. Quand il est double, les deux feuillets sont séparés par une cavité spéciale, l'*hypostège*. Le feuillet interne est le *cryptocyste;* il est souvent calcaire et conservé sur les fossiles.

(²) S. Harmer, *Quarterly Journal of Science*, 1902. — Levinsen, *Vidensk. Medd. fra den Naturh. Foren i Kjobenhavn*, 1902. — W. Waters, *Challenger Reports*, 1888.

(³) F. Canu, *Annales de Paléontologie*, t. III, 1908.

(⁴) Calvet, *Contribution à l'Histoire naturelle des Bryozoaires ectoproctes marins*. Montpellier, in-8°; 1900.

2. La différenciation entre la zoécie et l'*avicellaire* est graduelle et la divergence augmente avec le temps dans la descendance générale. Ainsi l'avicellaire prend d'abord la place d'une zoécie et il est si peu différencié de cette dernière, qu'il se modifie dans le même sens qu'elle (¹). Il devient ectocystal dans le Sénonien; il reste sessile dans l'Éocène; continuant à se perfectionner, il se fixe dans sa position, son individualité augmente par l'articulation lors du Tortonien, et il atteint son plus haut degré de différenciation dans les Bugules actuelles.

3. Les *fibres radiciformes* ne laissent aucune trace fossile. Mais les analogies zoariales en révèlent l'existence. Elles apparaissent dans l'Éocène simultanément dans les Cyclostomes (*Crisia*) et dans les Cheilostomes (*Tubucellaria, Scrupocellaria*).

4. Les *épines* sont de simples évaginations épidermiques. Leur développement excessif et particulier caractérise la famille des Costulidées. Les formes simples débutent dans le Cénomanien ; les plus compliquées (*Steginopora*) qui caractérisent l'Aturien et le Maestrichtien s'éteignent rapidement. Malgré la soudure finale des costules dans les genres *Colletosia* (Tortonien) et *Scorpiodina* (Plaisancien), la famille est en pleine décadence ; les formes simples et cosmopolites subsistent seules.

Ainsi, dans la descendance générale, les différenciations successives s'accentuent sans cesse et les variations deviennent plus nombreuses. Les unes et les autres sont autant de moyens d'adaptation aux conditions extérieures.

En résumé, chaque époque géologique est marquée par un perfectionnement morphologique, ou par une différenciation capitale, ou par l'apparition d'une nouvelle famille, ou par l'extinction d'une autre (²), ou par le développement extrême d'un groupe particulier, en un mot par une phase particulière d'évolution. De sorte que *l'examen d'une faune fossile permet d'en déterminer la date géologique*.

Cette conclusion, en parfait accord avec nos connaissances sur les autres animaux, rend incontestable l'importance paléontologique des Bryozoaires.

(¹) F. Canu, *Bull. Soc. géol. France*, 3e série, t. XXVIII, 1900.

(²) D'après Ulrich (*On lower silurian Bryozoa in Minnesota*, 1893), les Monticuliporidées, les Hétérotrypidées sont ordoviciennes. Le sous-ordre entier des Cryptostomata, presque exclusif dans le Carbonifère, s'éteint définitivement dans le Permien.

M. **René Arnoux** adresse une Note intitulée : *Sur l'équilibre dynamique des aéroplanes.*

M. **Edmond Seux** adresse une Note intitulée : *Sur l'utilité du gouvernail de profondeur dans les aéroplanes.*

(Ces deux Notes sont renvoyées à l'examen de la Commission d'Aéronautique.)

A 4 heures un quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures.

Ph. v. T.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 22 février 1909.

Commemorazione di Alberto Gaudry, letta alla R. Academia delle Scienze fisiche e matematiche di Napoli, dal Socio **Francesco Bassani.** Naples, 1908; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Notice sur les travaux scientifiques, publications et titres de M. E. **Jungfleisch.** Paris, Gauthier-Villars, 1907; 1 fasc. in-4°.

Supplément à la Notice sur les travaux scientifiques de M. E. **Jungfleisch.** Paris, Gauthier-Villars, 1909; 1 fasc. in-4°.

Recueil d'Œuvres de **Léo Errera** : *Botanique générale;* t. I et II. — *Mélanges :* Vers et prose. Bruxelles, H. Lamertin, 1908; 3 vol. in-8°. (Hommage de Mme Léo Errera.)

Notice sur Léo Errera, par **Léon Fredericq** et **Jean Massart.** Bruxelles, Hayez, 1908; 1 vol. in-12.

Les phénomènes de température dans les tourbillons et en particulier dans la haute atmosphère, par **Marc Dechevrens.** Rome, 1908; 1 fasc. in-4°.

El problema de la curación de la tuberculosis en los actuales momentos, discurso leido en la sesión inaugural de la Real Academia de Medicina de Zaragoza en el año 1909, por Dr don **Vincente Lafuerza Erro.** Saragosse, 1909; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

The instruments and methods of research, by L.-A. Bauer. (Philosophical Society of Washington : *Bulletin,* t. XV, p. 103-126.) Washington, 1908; 1 fasc. in-8°.

Inheritance in silkworms, I, by Vernon-L. Kellogg. (*Leland Stanford junior University publications.* University series, n° 1.) San-Francisco, 1908; 1 fasc. in-8°.

Triassic Ichthyosauria, with special reference to american forms, by John-C. Merriam. (*Memoirs of the University of California,* t. I, n° 1.) Berkeley, 1908; 1 vol. in-4°.

The American of Mechanical Engineers Transactions, t. XXIX. *Indianapolis meeting, New-York meeting,* 1907. New-York, 1908; 1 vol. in-8°.

Memorias de la Real Academia de Ciencias exactas, fisicas y naturales de Madrid, t. XXVI, fasc. 1 et 2. Madrid, 1908; 2 vol. in-4°.

ERRATA.

(Séance du 18 janvier 1909.)

Note de M. *R. Minkiewicz,* L'induction successive des images colorées, etc.:

Page 185, ligne 9, *au lieu de* couleur supplémentaire, *lisez* couleur complémentaire.

Même page, ligne 4 en remontant, *au lieu de* sensations intérieures, *lisez* sensations antérieures.

Page 186, ligne 8, *au lieu de* chromatropisme, *lisez* chromotropisme.

(Séance du 25 janvier 1909).

Note de M. *Pantel,* Sur l'unification du nombre de segments dans les larves des Muscides :

Page 233, ligne 7 en remontant, *au lieu de* un nombre assez élevé, *lisez* un nombre aussi élevé.

Page 235, ligne 3, *au lieu de* c'est elle, *lisez* c'est celle.

Page 236, ligne 6, *au lieu de* groupes sénocytiques, *lisez* groupes œnocytiques.